

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

СЯБРО АЛЬОНА СЕРГІЇВНА

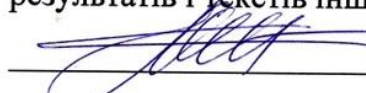
УДК 636.4:591.16:591.133.15](043.5)

**ВПЛИВ ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОГО ГОМЕОСТАЗУ
НА ФОРМУВАННЯ ВІДТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ СВИНЕЙ ТА
СПОСОБИ КОРЕКЦІЇ**

204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»

Подається на здобуття доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

 А. С. Сябро

Науковий керівник – Шостя Анатолій Михайлович, доктор
сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Полтава – 2023

АНОТАЦІЯ

Сябро А.С. Вплив прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на формування відтворної здатності свиней та способи корекції. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 204 «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». Полтавський державний аграрний університет, Полтава, 2023.

Виробництво продукції свинарства на промисловій основі передбачає створення ефективних засобів підвищення відтворної здатності свиней, яка істотно знижується під впливом технологічних стресів та супроводжується глибокими метаболічними перетвореннями, де найбільш чутливим до змін є прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз в їх організмі. Розкриття особливостей і закономірностей формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у свиней та розроблення способів його корекції можуть бути основою для створення методів спрямованих на регуляцію росту та розвитку тварин, а тому є актуальними як із теоретичної, так і практичної точок зору.

Дисертаційна робота присвячена теоретичному узагальненню і експериментальному обґрунтуванню впливу корекції мінерального живлення на формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу, біохімічного та мінерального складу в крові та спермі кнурів-плідників, а також взаємозв'язку цих показників з функціональною активністю сперматозоїдів. Вивчено особливості протікання інтенсивності пероксидації у крові свинок та свиноматок залежно від фізіологічного стану за умов додаткового споживання Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок.

Експерименти з дисертаційної роботи були проведені упродовж 2019–2023 рр. в умовах ПрАТ «Племсервіс» та лабораторії годівлі, фізіології та здоров'я тварин Інституту свинарства і агропромислового виробництва

НААН, на кафедрі технології виробництва продукції тваринництва Полтавського державного аграрного університету. Для корекції мінерального живлення свиней за Міддю використовували цитрат Міді нанотехнологічного походження, виготовленого в умовах ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології».

Метою досліджень було з'ясувати особливості формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у свиней та розробити новітні способи підвищення їх відтворної здатності на тлі застосування біологічно активних речовин різної природи.

Для досягнення мети було поставлено наступні завдання:

- дослідити морфо-фізіологічні характеристики сперматозоїдів та гомеостазу показників обміну речовин крові і сперми кнурів-плідників та їх взаємозв'язок з відтворною здатністю після згодовування Міді у формі цитрату Міді окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок;

- встановити особливості впливу на фізіологічний стан та прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз в крові свинок в період статевого дозрівання та їх взаємозв'язок з відтворною здатністю за згодовування Міді у формі цитрату Міді;

- дослідити фізіологічний стан та прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз в крові свиноматок у взаємозв'язку з їх відтворною здатністю за згодовування Міді у формі цитрату Міді окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок;

- проаналізувати ступінь взаємозв'язку між рівнем констант гомеостазу у свиней з показниками їх відтворної здатності;

- науково обґрунтувати ефективність використання Міді у формі цитрату Міді окремо та в комплексі з гомогенатом трутневих личинок у годівлі свиней для стимуляції їх продуктивності.

Об'єктом дослідження був стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в організмі свиней різних статеві-вікових груп за впливу фізіологічного стану за різних способів корекції.

Для виконання поставлених завдань було проведено науково-господарські дослідження в чотири етапи. В першому та другому етапі досліджень вивчалися зміни біохімічного складу крові та стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в цій тканині кнурів-плідників та їх зв'язок з фізіолого-біохімічними показниками якості еякулятів за умов згодовування різних доз Міді у формі цитрату Міді окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок.

В третьому етапі визначали зміни інтенсивності протікання пероксидації у крові свинок за умов згодовування різних доз Міді у формі цитрату Міді в період статевого дозрівання та їх взаємозв'язок з подальшою відтворною здатністю.

В четвертому етапі аналізували зміни стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові свиноматок за згодовування комплексної кормової добавки в період поросності та його взаємозв'язок з відтворною здатністю цих тварин.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше отримано наукові дані щодо впливу згодовування Міді у формі цитрату Міді як окремо так і в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок на стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу і його взаємозв'язок з якістю спермопродукції, зокрема зі структурою і морфометричними параметрами сперматозоїдів, що значно розширює теоретичні знання щодо дії есенціальних мікроелементів на формування біологічної повноцінності гамет. Поглиблено знання щодо особливостей впливу прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на життєздатність сперматозоїдів при зберіганні спермодоз з додаванням Міді у формі цитрату Міді. Отримано нові наукові дані про особливості формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у крові пубертатних свинок та порослих свиноматок за корекції мінерального живлення та його взаємозв'язок з їх подальшою репродуктивною здатністю.

Розкрито особливості формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у крові та спермі, а також їх біохімічного складу за умов додаткового згодовування кнурам-плідникам Міді у формі цитрату Міді в дозі 10 % і 20 % вище за норму. Встановлено, що введення до основного раціону досліджуваного мікроелементу у кількості 10 % супроводжувалось сповільненням процесів пероксидного окиснення ліпідів з паралельним посиленням стану системи антиоксидантного захисту у крові кнурів-плідників. При цьому, згодовування Міді у формі цитрату Міді на 20 % більше норми прискорювало перебіг пероксидації, про що свідчить вищий рівень загального білірубіну ($p < 0,05$), дієнових кон'югатів ($p < 0,05$) і ТБК-активних сполук, а також прискорене використання відновленого глутатіону і аскорбінової кислоти. Виявлені зміни стану гомеостазу особливо спостерігалися після 45-ї доби вживання мінеральної добавки, що свідчить про її накопичувальний ефект.

Досліджено стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у спермі кнурів-плідників за корекції мінерального живлення і його взаємозв'язок з функціональною активністю сперматозоїдів та їх морфометричними параметрами. Доведено, що введення цитрату Міді до комбікорму змінювало інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів у спермі кнурів-плідників, а величина змін залежить від кількості досліджуваного мікроелементу. Згодовування Міді у формі цитрату Міді в кількості 10 % вище за норму сприяло зменшенню вмісту дієнових кон'югатів, що супроводжувалося підвищенням активності супероксиддисмутази ($p < 0,05$) та збереженням вмісту аскорбінової кислоти. Оптимальний стан системи антиоксидантного захисту у спермі забезпечувало підвищення рухливості ($p < 0,01$) та виживаності ($p < 0,001$) сперматозоїдів, а також поліпшувало їх запліднюючу здатність, про що свідчить високий відсоток запліднених свиноматок. Згодовування Міді у формі цитрату Міді на 20 % більше норми призводило до прискорення процесів пероксидації: збільшення концентрації дієнових кон'югатів, ТБК-активних сполук ($p < 0,05$), холестерину ($p < 0,001$) і дегідроаскорбінової кислоти ($p < 0,001$). Встановлені зміни стану

прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу супроводжувалися зниженням виживаності сперматозоїдів та збільшенням кількості їх аномальних форм, що знижує запліднюючу здатність гамет.

З'ясовано особливості впливу згодовування екологічних кормових добавок на метаболічні процеси в організмі кнурів-плідників. На основі аналізу біохімічних показників крові встановлено, що згодовування Міді у формі цитрату Міді окремо або в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок супроводжувалося змінами білкового обміну, про що свідчить збільшення вмісту загального білку, головним чином глобулінів, з паралельним зменшенням кількості сечовини та креатиніну ($p < 0,05$) на 45-ту добу вживання. Додавання Міді у формі цитрату Міді на 5 % понад норму до раціону кнурів-плідників сприяло зниженню вмісту дієнових кон'югатів, холестерину, а також активності супероксиддисмутази і каталази, що вказує на сповільнення інтенсивності пероксидного окиснення ліпідів. При цьому, згодовування комплексної кормової добавки (Мідь у формі цитрату Міді із гомогенатом трутневих личинок) призводило до інтенсифікації пероксидації у крові: збільшення вмісту дієнових кон'югатів, ТБК-активних сполук, загального білірубіну з одночасним зниженням рівня ензимних антиоксидантів. Встановлені закономірності змін прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу за додаткового вживання кормових добавок відмічались й у спермі.

Доведено, що корекція живлення кнурів-плідників впливала на формування кількісних та якісних показників якості еякулятів та морфометричних параметрів сперматозоїдів. Згодовування Міді у формі цитрату Міді у кількості 5 % більше норми покращувало біологічну повноцінність спермопродукції на 30-ту добу згодовування мінеральної добавки - підвищує масу еякуляту ($p < 0,001$) та загальну кількість сперматозоїдів ($p < 0,05$). Подібний ефект після припинення вживання мінеральної добавки тривав щонайменше місяць. Комплексне додавання цитрату Міді в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок до раціону кнурів-плідників протягом 45-ти діб сприяло збільшенню маси еякуляту ($p < 0,001$),

загальної кількості сперматозоїдів ($p < 0,01$) та їх живих форм ($p < 0,001$). Водночас відмічалися зміни морфометричних параметрів сперматозоїдів: збільшення довжини головки ($p < 0,001$) і тіла ($p < 0,001$) з паралельним зниженням частоти аномальних форм цих гамет.

Встановлено, що у крові ремонтних свинок у період становлення статевих циклів, у віці 6–9 місяців, відбувалася лабільність прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу. Згодовування різних доз Міді у формі цитрату Міді (10 % і 20 % вище за норму), супроводжувалось особливостями протікання інтенсивності пероксидації у крові, що головним чином визначало формування статевих циклів та подальші репродуктивні показники. Тварини, які вживали Мідь у формі цитрату Міді на 10 % більше норми, характеризувалися більш раннім проявом статевих циклів ($p < 0,01$) та найвищим відсотком заплідненості (86,7 %), а після опоросу більшою кількістю поросят при відлученні ($p < 0,01$) та масою гнізда у 28-ми денному віці ($p < 0,01$) відносно інтактних тварин.

В другу половину поросності встановлено суттєве метаболічне навантаження на організм свиноматок, що зумовлює зміну стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у напрямі прискорення пероксидації. При згодовуванні Міді у формі цитрату Міді у кількості 5 % вище за норму окремо та в комплексі з гомогенатом трутневих личинок у свиноматок в день опоросу відмічалось сповільнення інтенсивності пероксидації у крові: зменшення вмісту дієнових кон'югатів і ТБК-активних сполук та одночасне істотне використання низькомолекулярних антиоксидантів - відновленого глутатіону ($p < 0,05$) і аскорбінової кислоти ($p < 0,05$). Найвища кількість живих поросят при народженні, які в подальшому характеризувались вищою збереженістю, встановлена у свиноматок, котрі вживали комплексну кормову добавку.

Ключові слова: прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз, кнури-плідники, свинки, свиноматки, відтворна здатність, кров, якість спермопродукції, цитрат Міді, гомогенат трутневих личинок.

ABSTRACT

Siabro A. S. Influence of Prooxidant-Antioxidant Homeostasis on the Formation of Reproductive Capacity of Pigs and Ways of Correction. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in speciality 204 Technology of Production and Processing of Livestock Products. Poltava State Agrarian University, Poltava, 2023.

Pig breeding production on an industrial basis involves the creation of effective means of increasing the reproductive capacity of pigs, which is significantly reduced under the influence of technological stresses and is accompanied by deep metabolic transformations, in this case, the prooxidant-antioxidant homeostasis in their body is the most sensitive to changes. Discovering the peculiarities and regularities of the formation of prooxidant-antioxidant homeostasis in pigs and developing methods of its correction can be the basis for creating methods aimed at regulating the growth and development of animals, and therefore are of theoretical and practical importance.

The thesis is devoted to the theoretical generalization and experimental substantiation of the influence of mineral nutrition correction on the formation of prooxidant-antioxidant homeostasis, biochemical and mineral composition in blood and semen of breeding boars, as well as the correlation of these indicators with the functional activity of spermatozoa. The peculiarities of peroxidation intensity in the blood of gilts and sows, depending on the physiological state, under the additional consumption of copper in the form of copper citrate of nanotechnological origin, separately and in combination with the homogenate of drone larvae, are studied.

Experiments on the thesis were conducted during 2019–2023 in Plemservis PJSC and the Laboratory of Feeding, Physiology and Animal Health of the Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences, at the Department of Technology of Livestock Production of Poltava State Agrarian University. Copper citrate of nanotechnological origin,

manufactured in Nanomaterials and Nanotechnologies Ltd. was used to correct the mineral nutrition of pigs by means of copper.

The studies aimed to find out the peculiarities of the formation of prooxidant-antioxidant homeostasis in pigs and to develop the latest ways to increase their reproduction by applying biologically active substances of different nature.

The following tasks were set to achieve this aim:

- to study the morpho-physiological characteristics of spermatozoa and the homeostasis of metabolic indicators in the blood and semen of breeding boars and their correlation with reproductive capacity after copper feeding in the form of copper citrate separately and in combination with the homogenate of drone larvae;
- to identify the peculiarities of influence on physiological state and prooxidant-antioxidant homeostasis in the blood of gilts during puberty and their interrelation with reproductive capacity during copper feeding in the form of copper citrate;
- to investigate the physiological state and prooxidant-antioxidant homeostasis in the blood of sows in correlation with their reproductive capacity during copper feeding in the form of copper citrate separately and in combination with the homogenate of drone larvae;
- to analyze the degree of correlation between the level of homeostasis constants in pigs and the indicators of their reproductive capacity;
- to scientifically substantiate the effectiveness of using copper in the form of copper citrate separately and in complex with the homogenate of drone larvae when feeding pigs to stimulate their productivity.

The object of the research was the state of prooxidant-antioxidant homeostasis in the body of pigs of different sex and age groups under the influence of the physiological state with various ways of correction.

To fulfill the tasks, scientific and economic experiments were carried out in four stages. At the first and second stages of research, the changes in the biochemical composition of blood and the state of prooxidant-antioxidant homeostasis in this tissue of breeding boars and their correlation with physiological and biochemical indicators of ejaculate quality when feeding with different doses of copper in the

form of copper citrate separately and in combination with the homogenate of drone larvae were studied.

At the third stage, changes in the intensity of peroxidation in the blood of gilts when feeding with different doses of copper in the form of copper citrate during puberty and their correlation with subsequent reproductive capacity were determined.

At the fourth stage, changes in the state of prooxidant-antioxidant homeostasis in the blood of sows when feeding with a complex feed additive during the pregnancy period and the correlation of this state with the reproductive capacity of these animals were analyzed.

The scientific novelty of the obtained results consists in the fact that for the first time, scientific data are obtained regarding the influence of copper feeding in the form of copper citrate both separately and in combination with the homogenate of drone larvae on the state of prooxidant-antioxidant homeostasis and its correlation with the quality of semen production, in particular with the structure and morphometric parameters of spermatozoa, which significantly extends theoretical knowledge about the influence of essential microelements on the formation of biological integrity of gametes. Knowledge of the influence of prooxidant-antioxidant homeostasis on spermatozoon viability during semen dose storage with the addition of copper in the form of copper citrate is increased. New scientific data are obtained concerning the specifics of the formation of prooxidant-antioxidant homeostasis in the blood of pubertal pigs and pregnant sows under the correction of mineral nutrition and its correlation with their subsequent reproductive capacity.

The characteristics of the formation of prooxidant-antioxidant homeostasis in blood and semen, as well as their biochemical composition, are revealed in the case of supplementary feeding breeding boars with copper in the form of copper citrate at a dose of 10% and 20% above the norm. It is found out that the introduction of the studied microelement in the main diet in the amount of 10% is accompanied by a slowdown of lipid peroxidation processes with a parallel strengthening of the antioxidant defence system in the blood of breeding boars. Meanwhile, feeding

copper in the form of copper citrate 20 % more than normal accelerates the course of peroxidation as evidenced by higher levels of total bilirubin ($p<0.05$), diene conjugates ($p<0.05$), TBA-active compounds as well as the increased use of reduced glutathione and ascorbic acid. The revealed changes in the state of homeostasis are especially observed after the 45th day of using the mineral supplement, which indicates its accumulative effect.

The state of prooxidant-antioxidant homeostasis in the semen of breeding boars under the correction of mineral nutrition and its correlation with the functional activity of spermatozoa and their morphometric parameters are examined. It is proved that the introduction of copper citrate into mixed fodder changes the intensity of lipid peroxidation in semen, and the magnitude of changes depends on the quantity of the microelement under study. Copper feeding in the form of copper citrate 10% above the norm promotes a decrease in the content of diene conjugates, which is accompanied by an increase in superoxide dismutase activity ($p<0.05$) and preservation of ascorbic acid content. The optimal state of the antioxidant defence system in semen provides increased mobility ($p<0.01$) and survival ($p<0.001$) of spermatozoa, and improves their fertilizing capacity, as evidenced by the high percentage of sows fertilized. Copper feeding in the form of copper citrate 20% more than normal leads to accelerated peroxidation processes: increased concentration of diene conjugates, TBA-active compounds ($p<0.05$), cholesterol ($p<0.001$) and dehydroascorbic acid ($p<0.001$). The identified changes in the state of prooxidant-antioxidant homeostasis are accompanied by a decrease in the survival rate of spermatozoa and an increase in the number of their abnormal forms, which reduces the fertilizing capacity of gametes.

The peculiarities of the influence of ecological feed additives feeding on the metabolic indicators in the body of breeding boars are found out. Based on the analysis of biochemical blood parameters, it was established that copper feeding in the form of copper citrate alone or in combination with the homogenate of drone larvae was accompanied by changes in protein metabolism, as evidenced by an increase in the content of total protein, mainly globulins, with a parallel decrease in

the amount of urea and creatinine ($p < 0.05$) on the 45th day of use. The addition of copper in the form of copper citrate 5% above the norm in the diet of breeding boars contributed to a decrease in the content of diene conjugates, cholesterol, as well as the activity of superoxide dismutase and catalase, indicating a slowdown in the intensity of lipid peroxidation. At the same time, feeding with a complex feed additive (copper in the form of copper citrate with the homogenate of drone larvae) led to the intensification of peroxidation in the blood: an increase in the content of diene conjugates, TBA-active compounds, total bilirubin with a simultaneous decrease in the level of enzymatic antioxidants. The established regularities of changes in prooxidant-antioxidant homeostasis during the additional use of feed additives were also observed in semen.

It is proved that the correction of the nutrition of breeding boars influences the formation of quantitative and qualitative indicators of ejaculate quality and morphometric parameters of spermatozoa. Copper feeding in the form of copper citrate 5% more than the norm improves the biological adequacy of sperm production on the 30th day of mineral supplement feeding – it increases the mass of ejaculate ($p < 0.001$) and the total number of spermatozoa ($p < 0.05$). Such an effect lasts at least a month after stopping the use of the mineral supplement. The complex addition of copper citrate in combination with the homogenate of drone larvae to the diet of breeding boars during 45 days helps to increase the weight of the ejaculate ($p < 0.001$), the total number of spermatozoa ($p < 0.01$) and their live forms ($p < 0.001$). At the same time, changes in the morphometric parameters of spermatozoa were noted: an increase in the length of the head ($p < 0.001$) and body ($p < 0.001$) with a parallel decrease in the frequency of abnormal spermatozoa.

Lability of prooxidant-antioxidant homeostasis is found in the blood of rearing gilts during the formation of sexual cycles at the age of 6-9 months. Feeding with different doses of copper in the form of copper citrate (10% and 20% above the norm) was accompanied by peculiarities of peroxidation intensity in the blood, which mainly determined the formation of sexual cycles and subsequent reproductive indicators. Animals that consumed copper in the form of copper citrate

10% more than the norm were characterized by the earlier manifestation of sexual cycles ($p<0.01$) and the highest percentage of fertilization (86.7%), and after farrowing, a higher number of piglets at weaning ($p<0.01$) and litter weight at the age of 28 days ($p<0.01$) relative to intact animals.

In the second half of pregnancy, a significant metabolic load on the organism of sows is found out, which leads to changes in the state of prooxidant-antioxidant homeostasis in the direction of accelerated peroxidation. During copper feeding in the form of copper citrate 5 % above the norm separately and in combination with drone larvae homogenate, a slowdown in the intensity of peroxidation in the blood was observed in sows on the day of farrowing: a decrease in the content of diene conjugates and TBA-active compounds and simultaneous significant use of low molecular weight antioxidants – reduced glutathione ($p<0.05$) and ascorbic acid ($p<0.05$). The highest number of live piglets at birth, which were subsequently characterized by a higher survival rate, was found in sows that consumed the complex feed additive.

Keywords: prooxidant-antioxidant homeostasis, breeding boars, gilts, sows, reproductive capacity, blood, quality of semen production, copper citrate, homogenate of drone larvae.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Усенко С. О., **Сябро А. С.**, Березницький В. І., Чухліб Є. В., Слинко В. Г., Мироненко О. І. Новітні аспекти мінерального живлення свиней. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 4. С. 126-133. (Здобувач зібрав та опрацював літературу за темою статті, безпосередньо брав участь у підготовці статті до друку).

2. Усенко С. О., **Сябро А. С.**, Поліщук А. А., Мороз О. Г., Бірта Г. О., Ільченко М. О. Новітні біотехнології відтворення свиней в умовах промислового свинарства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 1. С. 121-129. (Здобувач зібрав та опрацював літературу за темою статті, безпосередньо брав участь у підготовці статті до друку).

3. **Сябро А. С.** Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз та відтворювальна здатність кнурів-плідників за впливу цитрату міді. *Біологія тварин*. 2021. т. 23, № 2. С. 12-18.

4. Шостя А. М., **Сябро А. С.**, Ковальчук І. І., Краснощок О. О., Чухліб Є. В., Березницький В. І. Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у спермі кнурів-плідників за впливу різних кормових добавок. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 181-187. (Здобувач провів дослідження, статистичну обробку матеріалів, їх аналіз та безпосередньо брав участь у підготовці статті до друку).

5. Усенко С. О., **Сябро А. С.** Механізми впливу міді на відтворну здатність самців. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 186–196. (Здобувач зібрав та опрацював літературу за темою статті, безпосередньо брав участь у підготовці статті до друку).

6. **Сябро А. С.** Стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у крові ремонтних свинок при згодовуванні хелатів мікроелементів. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2023. №107. С. 129-137.

Статті у виданні,

включеному до міжнародної наукометричної бази Web of Science

7. Shostya A., **Siabro A.** Effects of copper citrate on physiological-biochemical parameters of ejaculate of sire boars. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. №13(2). P. 121-129. (Здобувач провів дослідження, статистичну обробку матеріалів, їх аналіз та безпосередньо брав участь у підготовці статті до друку).

Патенти на корисну модель

8. Спосіб поліпшення відтворної здатності кнурів-плідників : пат. 151328 Україна : МПК (2022.01), A61D 19/00, A23K 10/30 (2016.01), A23K 50/30 (2016.01). u 2021 07446, заяв. 20.12.2021; опубл. 07.07.2022, Бюл. №27.

9. Спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників : пат. 152236 Україна : МПК (2022.01), A61D 19/00. u 2021 06128, заяв. 01.11.2021 ; опубл. 12.01.2023, Бюл. №2.

Опубліковані праці апробаційного характеру

10. **Сябро А. С.** Використання хелатних сполук мікроелементів у живленні сільськогосподарських тварин як запорука збереження довкілля. *Перспективи еко-інноваційного розвитку сільськогосподарського виробництва* : матеріали I Міжнародної наук.-практ. конф., 22 черв. 2020 р. Полтава : 2020. С. 92-94.

11. **Сябро А. С.** Використання новітніх біотехнологій відтворення свиней в умовах промислового свиначства. *Актуальні проблеми фізіології тварин* : матеріали Міжнародної наук.-практ. конф., присвяченої 120-річчю Олексія Володимировича Квасницького, 17-18 верес. 2020 р. Полтава : ПДАА, 2020. С. 96.

12. **Сябро А. С., Шостя А. М.** Використання новітніх кормових добавок в умовах промислового свиначства. *Актуальні питання технології продукції*

тваринництва : збірник статей за результатами V Всеукраїнської інтернет-конференції, 29-30 жовт. 2020 р. Полтава : 2020. С.101-105.

13. **Сябро А. С.** Особливості перебігу пероксидного окиснення в спермі кнурів-плідників при згодовуванні цитрату міді. *Сучасний стан свинарства* : збірник матеріалів міжвузівської наук.-практ. інт. конф., 2021 р., Мала Данилівка : 2021. С. 55-58.

14. **Сябро А. С.** Інтенсивність процесів пероксидації за дії мінерального живлення. *Актуальні питання технології продукції тваринництва* : збірник статей за результатами VI Всеукраїнської наук.-практ. інт. конф., 29-30 листоп. 2021 р., Полтава : 2021. С. 122-126.

15. **Сябро А. С.** Вплив прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на якість спермопродукції кнурів-плідників за дії кормових добавок. *Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва і переробки продукції тваринництва* : збірник матеріалів Всеукраїнської наук.-практ. конф. молодих вчених та здобувачів освіти, 16 груд. 2021 р., Житомир : 2021. С.92-93

16. **Сябро А. С.** Вплив міді на становлення статевої функції самців. *Перспективи використання морфологічних досліджень в розвитку сучасної медицини і стоматології* : Вісник проблем біології і медицини. 2022. Вип.2(164) (додаток). С. 49-50.

17. **Сябро А. С.** Зміни морфо-функціональних показників сперматозоїдів кнурів-плідників за впливу цитрату Міді. *Досягнення та перспективи ветеринарної науки* : матеріали Міжнарод. наук.-практ. Інт.-конф. молодих вчених, 20 жовт. 2022 р. Полтава : 2022. С. 104-106.

18. **Сябро А. С.** Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у крові поросних свиноматок при згодовуванні кормових добавок. *Розвиток галузі тваринництва в умовах євроінтеграції*: матеріали Міжнар. інт. конф., 4 листоп. 2022 р. Полтава : 2022. С. 115-117.

19. Shostya A. M., **Siabro A. S.** Prooxidant-antioxidant homeostasis in blood of gilts under the effects of copper citrate. *Animal science: «Sustainable livestock production and animal welfare»*. K.: NUBiP of Ukraine : 2023. P. 39.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	19
ВСТУП.....	20
РОЗДІЛ 1.ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	26
1.1. Вплив екзогенних факторів на відтворну здатність свиней.....	26
1.2. Вплив біологічно активних речовин на формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у свиней та взаємозв'язок з відтворною здатністю.....	34
1.3. Роль прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у формуванні відтворної здатності свиней.....	46
1.4. Обґрунтування вибору напрямів власних досліджень	53
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	56
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	71
3.1. Особливості формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу та біохімічного складу в крові й спермі кнурів-плідників та їх взаємозв'язок з якістю спермопродукції за згодовування цитрату Міді.....	71
3.1.1. Біохімічні показники й стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у крові кнурів-плідників	71
3.1.2. Біохімічні показники й стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в спермі кнурів-плідників	82
3.1.3. Кількісні та якісні показники якості еякулятів кнурів-плідників.....	91
3.1.4. Вплив додавання цитрату Міді до цільної й розрідженої сперми на функціональну активність сперматозоїдів кнурів-плідників та формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу.....	98

3.2. Вплив згодовування комплексу цитрату Міді з гомогенатом трутневих личинок на біохімічні показники крові й сперми кнурів-плідників та їх взаємозв'язок з якістю еякулятів.....	108
3.2.1. Показники обміну речовин та стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові кнурів-плідників.....	108
3.2.2. Зміна біохімічних показників та стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в спермі кнурів-плідників.....	118
3.2.3. Якість спермопродукції кнурів-плідників.....	125
3.3. Формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові свинок у період статевого дозрівання за згодовування цитрату Міді.....	133
3.4. Особливості впливу цитрату Міді в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок на прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у крові свиноматок та їх взаємозв'язок з відтворною здатністю	146
3.5. Висновки до розділу.....	158
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ...	160
ВИСНОВКИ.....	177
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ.....	181
СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ.....	182
ДОДАТКИ.....	219

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АК – аскорбінова кислота

АОЗ – антиоксидантний захист

АЛТ – аланінамінотрансфераза

АСТ - аспартатамінотрансфераза

АФО – активні форми Оксигену

ГГТ - гамма-глутамілтрансфераза

ДАК – дегідроаскорбінова кислота

ДК – дієнові кон'югати

КТ – каталаза

ЛДГ – лактатдегідрогеназа

ЛФ - лужна фосфатаза

ПАГ – прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз

ПОЛ – пероксидне окиснення ліпідів

СОД – супероксиддисмутаза

ТБК-активні сполуки – речовини, які взаємодіють з тіобарбітуровою кислотою

ВСТУП

Актуальність теми. Отримання високопродуктивних нащадків є основною умовою рентабельності виробництва й розпочинається із нормального протікання гаметогенезу та формування біологічно повноцінних гамет, що забезпечує їх злиття. Це зумовлює необхідність розроблення та впровадження інноваційних методів підвищення відтворної здатності свиней, яка істотно знижується через негативний вплив виробничих факторів.

За останні роки опублікована досить значна кількість наукових досліджень, які підтверджують як негативну дію активних форм Оксигену, так і регулюючий їх вплив на фізіологічні процеси, особливо формування відтворної системи [68, 247]. Незважаючи на те, що активні форми Оксигену, які утворюються в організмі тварин відіграють провідну роль у метаболічних процесах, а кінцеві продукти пероксидного окиснення ліпідів необхідні для забезпечення певних фізіологічних функцій, надлишкове генерування вільних радикалів Оксигену супроводжується інтенсифікацією процесів пероксидації та зниженням системи антиоксидантного захисту [9].

Система відтворення у свиней є найбільш вразливою до змін стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу, що обумовлено значною чутливістю гамет до негативної дії надлишкової кількості вільних радикалів. Встановлення особливостей перебігу процесів пероксидації на різних етапах гаметогенезу дозволить більш детально зрозуміти протікання важливих процесів у репродуктивній системі тварин [189, 244, 324]. Розкриття механізмів прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу матиме важливе значення для розуміння особливостей перебігу фізіолого-метаболічних процесів, які відбуваються при проходженні сперматозоїдів статевими шляхами самки, а також для розроблення підходів до прогнозування й регулювання запліднюючої здатності цих клітин [81, 83, 230].

Рівень радикалів Оксигену регулюється системою антиоксидантного захисту, стан якої залежить від екзогенних факторів, зокрема якості вітамінно-

мінерального живлення. Мікроелементи, перебуваючи в тісному взаємозв'язку з ензимами, вітамінами та гормонами, обумовлюють метаболічні перетворення, забезпечують реалізацію генетичного потенціалу продуктивності у свиней. Більшість біологічних ефектів в організмі супроводжуються змінами прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу через лабільність активностей антиоксидантних ензимів – супероксиддисмутази (активний центр – Zn, Cu), каталази (активний центр – Fe) та глутатіонпероксидази (активний центр – Se) [106, 310]. Вміст даних мікроелементів у кормах часто визначає збереженість та біологічну доступність вітамінів та амінокслот для організму свиней .

Отже, розкриття особливостей і закономірностей формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у свиней та розроблення способів його корекції, можуть бути основою для створення методів спрямованих на регуляцію росту та розвитку тварин, а тому є актуальними як із теоретичної, так і практичної точок зору.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проведені згідно з тематичними планами науково-дослідних робіт Полтавського державного аграрного університету – «Розроблення та впровадження новітніх репродуктивних біотехнологій у свинарстві» (№ ДР 0119U101637).

Мета і завдання досліджень.

Мета досліджень з'ясувати особливості формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у свиней та розробити новітні способи підвищення їх відтворної здатності.

Для досягнення мети було поставлено наступні завдання:

- дослідити морфо-фізіологічні характеристики сперматозоїдів та гомеостазу показників обміну речовин крові і сперми кнурів-плідників та їх взаємозв'язок з відтворною здатністю після згодовування Міді у формі цитрату Міді окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок;

- встановити особливості впливу на фізіологічний стан та прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз в крові свинок в період статевого дозрівання та їх взаємозв'язок з відтворною здатністю за згодовування Міді у формі цитрату Міді;

- дослідити фізіологічний стан та прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз в крові свиноматок у взаємозв'язку з їх відтворною здатністю за згодовування Міді у формі цитрату Міді окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок;

- проаналізувати ступінь взаємозв'язку між рівнем констант гомеостазу у свиней з показниками їх відтворної здатності;

- науково обґрунтувати ефективність використання Міді у формі цитрату Міді окремо та в комплексі з гомогенатом трутневих личинок у годівлі свиней для стимуляції їх продуктивності.

Об'єкт дослідження – стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в організмі свиней різних статеві-вікових груп за впливу фізіологічного стану та способів корекції.

Предмет дослідження – біохімічні показники крові, сперми, кількісні та якісні показники спермопродукції, статеві цикли та періоди поросності.

Методи дослідження – фізіологічні (визначення якості спермопродукції, статевих циклів), біохімічні (загальний білок, альбумін, глобулін, креатинін, сечовина, глюкоза, холестерин, тригліцериди, білірубін, лужна фосфатаза, аланінамінотрансфераза, аспартатамінотрансфераза, лактатдегідрогеназа, гамма-глутамілтрансфераза, альфа-амілаза, неорганічний фосфор, калій, натрій, хлор, супероксиддисмутаза, каталаза, відновлений глутатіон, аскорбінова і дегідроаскорбінова кислоти, дієнові кон'югати, ТБК-активні сполуки), морфометричні (параметри сперматозоїдів), зоотехнічні (визначення показників продуктивності свиноматок), статистичні (визначення середніх величин і їх похибок, вірогідність, описова статистика, кореляційний аналіз).

Наукова новизна одержаних результатів. На основі проведених досліджень вперше отримано наукові дані щодо впливу згодовування цитрату

Міді окремо та в поєднання з ГТЛ на стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу і його взаємозв'язок з якістю спермопродукції, зокрема зі структурою та морфометричними параметрами сперматозоїдів, що значно поглиблює теоретичні знання щодо дії есенціальних мікроелементів на формування біологічної повноцінності гамет.

Поглиблено знання щодо особливостей впливу прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на життєздатність сперматозоїдів при зберіганні спермодоз з додаванням цитрату Міді.

Отримано нові наукові дані про особливості формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові пубертатних свинок та поросних свиноматок за корекції мінерального живлення та його взаємозв'язок з подальшою відтворною здатністю.

Науково обґрунтовано ефективність використання нових способів поліпшення відтворної здатності свиней за корекції мінерального живлення та використання гомогенату трутневих личинок.

Наукова новизна отриманих результатів підтверджена двома патентами України на корисну модель.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів дослідження особливостей формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у свиней розроблено способи підвищення відтворної здатності кнурів-плідників.

Розроблено спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників (Патент України на корисну модель № 152236), який застосовується в системі штучного осіменіння свиней ДП «Дослідне господарство імені Декабристів Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН» та використовується в роботі науково-дослідних лабораторій та племінного репродуктора із розведення свиней полтавської м'ясної породи Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН України.

Розроблено спосіб поліпшення відтворної здатності кнурів-плідників (Патент України на корисну модель № 151328), в основі якого лежить згодовування цитрату Міді в комплексі з гомогенатом трутневих личинок.

Запропоновано ефективний спосіб корекції живлення ремонтних свинок та поросних свиноматок для покращення відтворних показників, що розширює сучасні знання у фізіології розмноження тварин.

Матеріали дисертаційної роботи використовуються в освітньому процесі кафедр закладів вищої освіти: технології виробництва продукції тваринництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету при викладанні дисципліни «Технологія виробництва продукції свинарства»; анатомії, нормальної та патологічної фізіології тварин Сумського національного аграрного університету при викладанні дисципліни «Нормальна та патологічна фізіологія тварин»; товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи Полтавського університету економіки і торгівлі при викладанні дисциплін «Генетика», «Загальна біотехнологія», «Біотехнологія культур клітин і тканин»; технології виробництва і переробки продукції тваринництва Одеського державного аграрного університету при викладанні дисциплін «Біологія продуктивності сільськогосподарських тварин», «Перспективні технології виробництва продукції тваринництва»; в науково-дослідній роботі лабораторії біотехнології відтворення та лабораторії молекулярної біології та клінічної біохімії Інституту біології тварин НААН.

Особистий внесок здобувача. Здобувач особисто здійснив пошук і аналіз літератури за темою дисертаційної роботи, сформулював мету та визначив основні напрями досліджень, провів весь обсяг досліджень. Аналіз, інтерпретацію одержаних результатів, формування висновків і пропозицій проведено під методичним керівництвом наукового керівника доктора сільськогосподарських наук, старшого наукового співробітника А. М. Шості. Зі спільних із співавторами експериментальних досліджень і публікацій дисертантом використано, за їх згодою, лише результати власних досліджень. Особистий внесок у наукові праці, які опубліковані у співавторстві, зазначено у списку друкованих праць.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи повідомлені і схвалені на: Міжнародних науково-практичних конференціях: «Перспективи еко-інноваційного розвитку

сільськогосподарського виробництва» (м. Полтава, 22 червня 2020 р.); «Актуальні проблеми фізіології тварин» (м. Полтава, 17–18 вересня 2020 р.); «Досягнення та перспективи ветеринарної науки» (м. Полтава, 20 жовтня 2022 р.); «Розвиток галузі тваринництва в умовах євроінтеграції» (м. Полтава, 4 листопада 2022 р.); «Animal science: «Sustainable livestock production and animal welfare» (м. Київ–Стокгольм, 17–18 січня 2023 р.); Всеукраїнських науково-практичних конференціях: «Актуальні питання технології продукції тваринництва» (м. Полтава, 29–30 жовтня 2020 р.); «Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва і переробки продукції тваринництва» (м. Житомир, 16 грудня 2021 р.); «Актуальні питання технології продукції тваринництва» (м. Полтава 29-30 листопада 2021 р.); Міжвузівській науково-практичній інтернет конференції «Сучасний стан свинарства» (м. Мала Данилівка, 2021 р.); Міжнародному морфологічному симпозіумі «Перспективи використання морфологічних досліджень в розвитку сучасної медицини і стоматології» (м. Полтава, 16–17 червня 2022 р.); Міжнародній інтернет конференції «Розвиток галузі тваринництва в умовах євроінтеграції» (м. Полтава, 4 листопада 2022 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано 19 наукових працях, з них 6 – у фахових наукових виданнях, затверджених ДАК МОН України, 1 – у виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Web of Science; 2 – патентах України на корисну модель, 10 – тезах доповідей.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація викладена на 231 сторінках комп'ютерного тексту, що включає такі розділи: «Анотації», «Вступ», «Огляд літератури», «Матеріали та методи досліджень», «Результати досліджень», «Аналіз і узагальнення результатів досліджень», «Висновки», «Пропозиції виробництву», «Список інформаційних джерел», «Додатки». Робота ілюстрована 43 таблицями, 4 рисунками і 10 додатками. Список літератури налічує 325 джерел, серед них 250 – латиницею.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1. Вплив екзогенних факторів на відтворну здатність свиней

Інтенсифікація відтворення поголів'я за рахунок підвищення репродуктивної функції свиней є одним з головних факторів ефективного ведення галузі. Здатність до відтворення сільськогосподарських тварин істотно змінюється за дії негативних факторів виробництва, оскільки відсутність моціону, зміни програм годівлі, перегрупування та дефіцит простору призводить до виникнення стресу [62].

Після осіменіння до статевих шляхів самки потрапляє велика кількість сперматозоїдів, однак місця запліднення досягає лише відносно незначна їх кількість (до 10 %). Процес відбору сперматозоїдів починається з шийки матки, продовжується в рогах матки та закінчується в яйцепроводі (місце злиття з ооцитами). За результатами деяких досліджень встановлено, що сперматозоїди, які були вилучені з матки та яйцепроводів, мають вищу запліднюючу здатність відносно загального фону гамет в еякуляті [269].

Шийка матки є першою перешкодою та фізіологічним бар'єром для аномальних сперматозоїдів. Це обумовлено тим, що біохімічний склад цервікального слизу значною мірою залежить від гормонального статусу в період відтворного циклу, що може як забезпечувати, так і перешкоджати пересуванню сперматозоїдів [156]. Зміни в'язкості та біохімічного складу цервікального слизу, які спричинені наближенням моменту овуляції та протіканням статевого акту, відбуваються за рахунок підвищеного рівня пролактину, що у свою чергу активує хемотаксис гамет, чим збільшує шанси на їх злиття [83]. Отже, вивчення біологічних і фізіологічних властивостей статевих клітин є основою для ефективного впровадження інноваційних біотехнологічних методів відтворення.

У сучасних умовах вплив людського фактору на процес злиття сперматозоїдів та яйцеклітин є найбільш визначальним та здійснюється при впровадженні методу штучного осіменіння. Досить ефективним є

використання внутрішньоматкового методу, що дає можливість зменшити об'єм спермодоз та концентрацію сперматозоїдів у них, підвищити заплідненість свиноматок та скоротити час на осіменіння. Своєчасне проведення осіменіння дозволяє попередити передчасне старіння гамет [63, 104]. Застосування удосконаленого катетера для локально-фіксованого внутрішньоматкового осіменіння свиноматок дозволяє як ефективно осіменяти (заплідненість 90–95%) так і пересаджувати ембріони у задану ділянку матки [23, 65, 304].

Використання штучного осіменіння передбачає тривале зберігання спермодоз, тому виникає потреба у використанні методів, які сприятимуть підтримці функціонування сперматозоїдів. Дослідженнями підтверджено, що після еякуляції в спермодозах відмічається посилене генерування АФО, що може мати негативний вплив на біологічну повноцінність сперматозоїдів, а отже й нащадків.

Можливість регулювання метаболічних перетворень залежно від стану сперматозоїдів (часткового або повного анабіозу) досягається за рахунок визначення оптимальної температури та розроблення нових середовищ для їх зберігання. У більшості досліджень повідомляється, що найбільш сприятлива температура для короткочасного зберігання розрідженої сперми кнурів-плідників варіюється від 15°C до 20°C, але загальноприйнятою вважається 17°C [171, 238]. Проте при тривалому зберіганні (96 годин) за температури 18°C відмічається інтенсифікація процесів пероксидації, що провокує зниження мітохондріального потенціалу та підвищення проникності плазматичної мембрани гамет. Окрім цього відмічено негативний кореляційний зв'язок між вмістом малонового деальдегіду в спермодозі з функціональною активністю сперматозоїдів. Більш висока температура зберігання викликає посилену активність сперматозоїдів та супроводжується дефіцитом енергії через високі метаболічні процеси в статевих клітинах [179].

До фізіологічних особливостей спермопродукції кнурів-плідників відносять великий об'єм еякуляту та високу чутливість гамет до змін

температури в напрямку охолодження, а захисну функцію від негативного впливу середовища (холодовий шок, окисний стрес) виконує спермальна плазма [165]. При зберіганні спермодоз за низьких температур (5°C) відмічається пригнічення росту бактерій, однак такі умови призводять до поступового зниження АТФ та втрати енергетичного заряду в сперматозоїдів кнурів-плідників вже після першої доби зберігання. Одночасно з цим встановлено збільшення вмісту аденінових нуклеотидів у середовищі, що свідчить про порушення структури мембрани гамет, які піддавались холодovому шоку [149, 152]. Проте ці дані суперечливі. Дослідження Menezes T. A. [218] свідчать, що при зберіганні спермодоз кнурів-плідників при температурі 5°C і 10°C активність сперматозоїдів становить на рівні 75 %, що є альтернативним методом для зменшення використання антибіотиків для розрідження сперми. Репродуктивні показники свиноматок, яких осіменяли спермодозами, котрі попередньо витримувались при температурі 5°C , були на високому рівні, що свідчить про збереження запліднюючої здатності сперматозоїдів при гіпотермічному зберіганні [163].

Запорукою своєчасного запліднення яйцеклітин є встановлення чітких термінів овуляції. Метод синхронізації охоти у свиноматок дозволяє отримати заплановані терміни овуляції та запліднення яйцеклітин, а також зменшити тривалість зберігання спермодоз, що запобігає втраті життєздатності сперматозоїдів. В умовах інтенсивного ведення галузі свинарства, синхронізація моменту настання охоти дає можливість поліпшувати організацію відтворення стада за рахунок створення однорідних груп свиноматок, які перебувають в одній і тій же стадії статевого циклу [178]. Досить важливим є введення молодих свинок в основне стадо, оскільки в цьому віці відмічається висока лабільність гормонального фону, що, очевидно, обумовлено становленням їх статевої функції [59]. Базуючись на встановлених закономірностях гормональних змін залежно від періоду статевого циклу для синхронізації охоти у свинок і свиноматок проводять ін'єкції, які містять

прогестерон, хоріонічний гонадотропін та сироватку жеребних кобил. При цьому рівень заплідненості підвищується до 90 % [167, 173].

Чіткий прояв статевої охоти у свиноматок дозволяє проведення осіменіння в максимально близькі строки до овуляції. Проте єдиної думки щодо оптимальних строків введення сперматозоїдів не встановлено. За даними досліджень Bortolozzo F. P. [104] оптимальним є дворазове осіменіння свиноматок у момент виявлення тічки та повторно через 24 години, тоді як результати Chanapiwat P. [110] свідчать про ефективність триразового введення спермодоз (через 24, 36 та 48 годин від початку еструса). Використання ультразвукового дослідження дозволяє встановити строки очікуваної овуляції та проводити осіменіння за 12, 8 або 4 години до її початку [311].

Після першого місяця поросності відбувається збільшення вмісту амінокислот, особливо аргініну, аланіну і гліцину в ембріонах, плаценті та матці, що свідчить про необхідність забезпечення організму матері біологічно активними речовинами [313, 164]. Багаточисленними дослідженнями встановлено, що аліментарний дефіцит протеїну в поросних свиноматок призводить до зниження активності ензимів в ендометрії та плаценті, що у свою чергу зумовлює порушення плацентарного переносу амінокислот до зародків [312], що може бути однією з причин затримки гістаційного розвитку плодів [136].

Окисний стрес є першою реакцією організму поросят на перехід від анаеробного дихання в гестаційний період до самостійного легеневого дихання після народження. Посилене генерування вільних радикалів зумовлює виснаження системи АОЗ вже з перших діб неонатального періоду, тому досить важливим є своєчасне надходження антиоксидантів з молозивом матері [298, 318]. З даних чисельних досліджень встановлено, що збагачення раціонів поросних і лактуючих свиноматок біологічно активними сполуками сприяє поліпшенню складу молозива та молока, які є визначальним фактором

становлення антиоксидантного статусу в поросят і подальшого їх росту та розвитку [134, 219, 320].

Ранній постнатальний період (5–7-ма доба життя) характеризується розвитком аліментарної залізодефіцитної анемії. При народженні в печінці поросят міститься близько 50 мг Заліза, проте протягом перших тижнів життя його вміст знижується в 10–15 разів, що свідчить про інтенсивне використання запасів цього мікроелементу для забезпечення нормального кровотворення та метаболічних процесів. Одночасно з цим існує невідповідність вмісту Заліза в молоці свиноматок з добовими потребами поросят. У зв'язку з цим у свинарстві, у період неонатального розвитку поросят, обов'язково проводять ряд заходів, які направлені на забезпечення їх нормального росту та розвитку [295].

Досить тривалий час для запобігання залізодефіцитної анемії проводять внутрішньом'язові ін'єкції Заліза протягом 2–3 днів після народження [87, 289]. Однак, при даному способі відмічається неефективний метаболізм даного мікроелементу, що призводить до порушення його гомеостазу. За даними Lipinski P. [195], внутрішньом'язові ін'єкції FeDex призводять до максимального насичення феритину Залізом, що вказує на надлишок його в організмі поросят. Окрім цього вільні іони даного мікроелементу проявляють прооксидантні властивості, зумовлюють генерування гідроксильних радикалів, провокуючи при цьому розвиток окисного стресу.

Як альтернативу ін'єкціям використовують мінеральні добавки, основою яких є Залізо, особливо хелатні його форми. За результатами Chen X. [113] встановлено, що додавання органічної форми Заліза покращує гематологічний статус поросят й послаблює індукцію експресії гепсидину, що у свою чергу сприяє запобіганню його дефіциту та збільшення використання. Окрім цього, хелатні сполуки мікроелементів дозволяють мінімізувати їх потенційну токсичність. Проте існує думка, що пероральний прийомом Заліза є менш ефективними для усунення дефіциту в поросят порівняно з парентеральним способом [293].

Розвиток репродуктивних біотехнологій зумовлює необхідність отримання біологічно-повноцінного генетичного матеріалу від плідників, що в значній мірі залежить від інтенсивності статевого навантаження [279], сезонності [266] та повноцінності годівлі [258]. Дані фактори потребують ретельного контролю для найкращого прояву їх репродуктивного потенціалу.

Оптимальне функціонування статевої системи та нормальна якість спермопродукції досягається при помірному режимі використання кнурів-плідників (два рази на тиждень), що дозволяє отримувати від самців сперму протягом всього парувального періоду [175]. Відповідно до плану штучного осіменіння в господарстві можливе корегування інтенсивності статевого навантаження плідників з обов'язковим врахуванням особливостей протікання процесу сперматогенезу. При екстенсивному використанні кнурів-плідників (один раз на сім діб) відмічається більша маса еякуляту і концентрація сперматозоїдів, відносно помірного та інтенсивного режиму, однак за таких умов знижується виживаність гамет при тригодинному інкубуванні за температури 38°C, що обумовленою зміною ПАГ у напрямку прискорення пероксидації [72].

Взяття сперми в кнурів-плідників три та більше разів на тиждень протягом тривалого періоду може викликати значне виснаження репродуктивної системи. Інтенсивне використання самців свиней призводить до змін структури сперматозоїдів з одночасним зниженням їх функціональної активності. Поряд з цим відмічається зниження біологічної повноцінності гамет, що підтверджується низьким відсотком заплідненості свиноматок [140]. За даними Pruneda A. [250] надмірне статеве навантаження плідників призводить до змін резорбції та секреції епідидимальної рідини, порушує протікання сперматогенезу ще на ранніх стадіях. Це зумовлює аномальний розвиток сперматозоїдів та збільшення їх кількості з цитоплазматичною краплею, що свідчить не лише про деградацію клітин Сертолі, але й про порушення роботи статевих залоз.

Зниження відтвореної здатності поголів'я в значній мірі залежить від сезонного фактору – коливання температури навколишнього середовища, зокрема її різке підвищення в літній період, що призводить до теплового стресу у свиней. Про значний вплив сезонності на якість отриманих еякулятів зазначає Шостя А. М. [71] та повідомляє, що найвищі показники якості спермопродукції відмічаються весною, тоді як висока температура повітря влітку призводить до зменшення маси еякуляту, концентрації сперматозоїдів, їх рухливості та виживаності.

Зміна мікроклімату з підвищеною температурою призводить до збільшення кількості аномальних форм сперматозоїдів не залежно від генотипу кнурів-плідників. Так, за результатами досліджень Suriyasomboon A. [292] та Павлової І. В. [31] встановлено, що у самців свиней, які піддавались тепловому стресу відмічалася більша кількість сперматозоїдів з порушенням цілісності акросоми, наявністю цитоплазматичної краплі та закручених джгутиків.

Дані Pena S. T. [239] свідчать про те, що утримання кнурів-плідників в умовах підвищеної температури призводить до збільшення кількості сперматозоїдів із пошкодженою ДНК, що знижує біологічну повноцінність цих клітин, однак помітних змін функціональної активності не було встановлено. Нормальна рухливість сперматозоїдів забезпечує їх пересування в статевих шляхах самки та запліднення яйцеклітини, проте фрагментація ДНК може бути причиною сповільнення бластуляції та розвитку муміфікації на ранніх етапах ембріогенезу [85]. Осіменіння свиноматок в літній період супроводжується зменшенням частоти опоросів, що пов'язано не лише зі зниженням заплідненості самок, але й порушенням протікання імплантації ембріонів [197].

Сім'яники в кнурів-плідників розташовані в мошонці і мають температуру на 2–5°C нижче ніж в організмі. Дана особливість спонукала науковців проводити більш точні дослідження для оцінки механізмів теплового впливу на організм самців, серед яких є короткочасний обігрів та

ізоляція мошонки. Так, за даними досліджень Parrish J. J. [237], блокування такого фізіологічного процесу як охолодження за рахунок ізоляції сім'яників у кнурів-плідників призводило до зменшення первинних сперматоцитів і сперматид, посилення апоптозу, порушення процесу сперматогенезу, що супроводжувалось зниженням активності гамет та збільшенням кількості їх аномальних форм. Локальний обігрів мошонки знижує масу сім'яників та сповільнює тестикулярний кровоток, що супроводжується зміною гормонального фону у самців [143].

Негативний вплив високої температури повітря на репродуктивну функцію самок головним чином проявляється в порушенні розвитку ооцитів. За даними Bertoldo M. J. [98] встановлено, що в останній літній місяць, після довготривалого теплового навантаження на організм свиноматок, відмічається зменшення розмірів фолікулів, яке супроводжується зниженням рівня прогестерону та розвитком окисного стресу. Посилене генерування АФО порушує процес дозрівання ооцитів та знижує ймовірність утворення бластоцисти, а отже яйцеклітини не досягають повного біологічного потенціалу. Зниження якості ооцитів зумовлює втрату ембріонів на ранніх етапах поросності, що досить часто носить назву «сезонне безпліддя». Зменшення рівня прогестерону у фолікулярній рідині призводить до зниження кількості передовуляторних фолікулів, що супроводжується затримкою настання овуляції та подовженням статевого циклу у свиноматок, які піддавались тепловому стресу [105].

Існує зв'язок теплового стресу з плацентарною недостатністю в сільськогосподарських тварин. Плацента є провідним посередником розвитку ембріону, забезпечуючи передачу та обмін поживних речовин і Оксигену між кровотоком матері та плоду. У свиноматок, які утримувались в умовах високих температур, відмічалась гіперплазія плаценти, що пояснюється компенсацією зменшення проходження поживних речовин для підтримки внутрішньоутробного розвитку плоду [323]. При цьому в новонароджених поросят, ембріогенез яких протікав при тепловому навантаженні матері,

відбувається порушення формування м'язових волокон, що призводить до зниження їх живої маси [309].

Важливість нормованої годівлі визначається впливом її на відтворну здатність свиней, що є основою для розкриття їх генетичного потенціалу [38]. Рівень годівлі часто має визначальний вплив на формування статевих функцій в молодих та дорослих тварин, протікання гаметогенезу, злиття статевих клітин і розвиток ембріонів. Незбалансована годівля супроводжується втратою маси тіла, затримкою статевих дозрівання молодняку, що призводить до порушення циклічності через порушення секреції гонадотропіну в самок [248]. Недоречною також вважається понад нормована годівля, яка призводить до ожиріння і зумовлює зміни гормонального фону, а отже є причиною зниження лібідо. Проте згодовування окремих біологічно активних речовин понад норму носить нівелюючий характер, а саме: запобігає негативному впливу стрес факторів як на організм в цілому, так і на репродуктивну здатність тварин [61].

З вище наведеного матеріалу з'ясовано, що відтворна здатність свиней у значній мірі залежить від екзогенних факторів, які є головною причиною виникнення технологічних стресів. У зв'язку з цим існує необхідність більш чіткого поглибленого розуміння дії стресу на захисні механізми організму та їх вплив на репродуктивну здатність цих тварин.

1.2. Вплив біологічно активних речовин на формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у свиней та взаємозв'язок з відтворною здатністю.

Ріст, розвиток, продуктивність та стан здоров'я сільськогосподарських тварин перебувають у тісному взаємозв'язку з протіканням метаболічних процесів, залежно від фізіологічного стану. Це вимагає розроблення ефективних програм нормованої годівлі, що забезпечують підтримання життєвих функцій тварини і сприяють отриманню від них високоякісної продукції. Рівень надходження мінеральних речовин до організму залежить

від їхньої кількості в кормах та воді. Вміст макро і мікроелементів у кормах обумовлюється кліматичними умовами, типом ґрунтів, видом рослин та періоду їх вегетації, а також дотримання технологій заготівлі та зберігання. Тому часто спостерігається надлишок одних і нестача інших мікроелементів, що знижує ефективність використання корму [61].

Для мікроелементів характерний широкий спектр дії на організм та продуктивність свиней, що обумовлено їх взаємодією з ензимами, процесами синтезу гормонів та вітамінів. Серед мікроелементів, які мають визначальний вплив на продуктивність сільськогосподарських тварин, провідна роль належить Селену, який є активатором синтезу та обміну гормонів щитоподібної залози, а отже забезпечує функціонування багатьох систем організму [21, 34]. Даний мікроелемент характеризується високою біохімічною активністю та спільно з вітаміном Е регулює пероксидне окислення ліпідів. Незбалансованість раціонів за вітаміном Е призводить до зростання потреби в Селені [284]. Одночасний дефіцит цих мікронутрієнтів затримує перетворення метіоніну в цистин, що викликає м'язову дистрофію. Це вимагає особливої уваги до нормування даного мікроелементу в згодовуваних кормах, де потреба в ньому змінюється залежно від віку, фізіологічного стану та рівня продуктивності тварин.

Провідна роль у попередженні розвитку окисного стресу в поросят у перші періоди постнатального розвитку при переході від анаеробного до аеробного дихання новонароджених, належить Залізу. Даний мікроелемент, входячи до низки ензимів, забезпечує ріст, розвиток і розмноження тварин [8, 294]. Існує вагомий взаємозв'язок між вітаміном Е і Залізом, що проявляється в процесах транспорту електронів і біосинтезу гема. Саме даний вітамін регулює оптимальне співвідношення закисного і окисного Заліза в тканинах та забезпечує розподіл даного елемента в організмі. Недостатнє забезпечення Залізом, особливо в молодих тварин, спричиняє анемію, втрату апетиту, пригнічення швидкості росту та в деяких випадках підвищується смертність новонароджених та молодих тварин [2]. Але надлишок Заліза

призводить до погіршення засвоєння Фосфору та Міді, зменшення відкладання вітаміну А в печінці, зниження апетиту та приростів живої маси [11].

Численними дослідженнями встановлено істотну дію Цинку на формування відтворної здатності, імунного статусу організму та процесів кровотворення. Даний мікроелемент є структурним компонентом й активатором ензимів, контролює біосинтез білків, нуклеїнових кислот, ліпідів та окремих гормонів [25, 234].

Серед есенціальних мікроелементів для організму тварин провідне місце належить Міді, яка входить до складу багатьох ензимів, посилює дію інсуліну, гормонів гіпофіза, щитоподібної залози, мобілізує депоноване Залізо, стимулює його перенесення в кістковий мозок, активує дозрівання еритроцитів [64]. Мідь впливає на формування структури кісток, хрящів, сухожиль (колаген), забезпечує еластичність стінок кровоносних судин, легеневих альвеол, нормалізує ритм серцевої діяльності, регулює роботу центральної нервової системи та активно формує імунітет. Проте понад нормована годівля свиней сполуками Міді гальмує гемопоез, знижує концентрацію вітамінів А, Е, С, В₂, В₃ та В₆ в органах і тканинах тварин. При цьому поросята втрачають апетит, у них порушується координація рухів, з'являється горб на спині, виникають м'язові судоми й анемія [11].

Мікроелементи відіграють провідну роль у фізіологічних та біохімічних процесах, що обумовлено їх есенціальністю. Для ссавців характерні гомеостатичні механізми запобігання розвитку дефіциту або надлишку цих речовин, регулювання запасів, виведення та нейтралізації їх згубної дії. Дані процеси є лімітуючими, оскільки як виснаження, так і надмірне накопичення рівня вільних аніонів мікроелементів може зміщувати ПАГ у напрямі прискорення пероксидації [122]. Порушення рівноваги між генеруванням вільних радикалів та станом антиоксидантного захисту організму визначається як окисний стрес, що призводить до пероксидного окиснення ліпідів мембран клітин та ушкодження структури ДНК [180, 310].

Важливість мікроелементів визначається їх включенням у активні центри ензимів антиоксидної ланки, які забезпечують механізм інактивації активних форм Оксигену. Незважаючи на низький рівень Міді, Цинку, Селену та Заліза в організмі тварин їм належить провідна роль у підтримці гомеостазу [310].

В організмі ссавців більша кількість Міді зв'язана з транспортними білками (церулоплазміном і шаперонами - CCS, COX17 і ATOX1) або з ензимами, активність яких тісно пов'язана з даним мікроелементом (СОД, цитохром-с-оксидаза). Як антиоксидант, церулоплазмін поглинає АФО та знижує вміст вільних іонів мікроелементів (Cu, Fe), чим розриває ланцюг утворення гідроксильних радикалів, порушуючи протікання реакції Фентона [84].

Стан гомеостазу та потреба в Міді невід'ємно пов'язані з віком тварин. У новонароджених поросят насиченість даного мікроелементу в печінці становить вищі концентрації відносно дорослих тварин. Імовірно це пов'язано з необхідністю підтримки системи АОЗ в критичний період онтогенезу (перехід від анаеробного до аеробного дихання), під час якого відмічається посилене генерування АФО. Нестача Міді призводить до зниження рівня церулоплазміну, котрий забезпечує метаболізм Заліза та утворення гемоглобіну, що у свою чергу спричинює анемію в молодняку.

Встановлено, що додавання до раціону свиноматок хелатної добавки Міді в період поросності та лактації сприяє збільшенню багатоплідності та великоплідності свиноматок, а також підвищенню збереженості поросят [4]. При цьому підвищуються жива маса та середньодобові прирости у молодняку, що забезпечує більшу забійну масу і кількість внутрішнього жиру [3, 322].

За даними Котляр О. С. [20] забезпечення добової потреби в Міді ремонтних свинок 5–8-місячного віку, за рахунок хелатних сполук, дає змогу збільшити середньодобові прирости у свинок та зменшити витрати корму. Підтримання оптимальної кількості даного мікроелементу в раціоні підсисних свиноматок сприяло збільшенню кількості поросят на опорос, їх збереженості

та середньодобових приростів за рахунок підвищення молочності свиноматок [4, 19].

Селен є складовою частиною 21-ї амінокислоти селеноцистеїну (шлях включення обумовлено генетично), який у свою чергу необхідний для біосинтезу селенопротеїнів – глутатіонпероксидази та тіоредоксинредуктази. Дані ензими беруть участь у синтезі гормонів щитовидної залози, регуляції окисно-відновних реакцій та захищають клітини від окисного пошкодження [259, 273, 317].

Глутатіонпероксидаза (GPx) є вирішальним антиоксидантним ферментом, який сприяє запобіганню надмірного накопичення внутрішньоклітинного пероксиду гідрогену (H_2O_2). Даний фермент є у всіх клітинах та виявлений в цитозольних, мітохондріальних та пероксисомальних компартментах [205]. Деякі дослідження свідчать, що GPx більш ефективний у виведенні внутрішньоклітинних пероксидів, ніж КТ [88]. На ранніх стадіях сперматогенезу GPx виконує захисну функцію та попереджує ушкодження ДНК гамет, викликане окисним стресом, тоді як на пізніх стадіях, за рахунок перехресного зв'язування з білками, перетворюється на структурний компонент оболонки мітохондрій [139].

Рівень експресії селенопротеїнів в значній мірі залежить від кількості надходження Селену до організму тварин. Аліментарний дефіцит цього мікроелементу призводить до зниження рівня системи АОЗ, що свідчить про зменшення активності GPx та збільшення метаболітів пероксидного окислення ліпідів в тканині сім'яників. Негативні зміни в репродуктивній системі відмічається й за надмірного споживання даного мікроелементу [251].

Для збагачення раціонів мінеральними речовинами та уникнення імовірного надлишку при виділенні зовні в екосистему використовують хелатні сполуки мікроелементів [174]. За даними досліджень Онищенко О. В. [30], згодовування свинкам Селену у формі хелатів забезпечує підвищення рівня перетравності та засвоєння поживних речовин, підтримання балансу азоту та мікронутрієнтів. За рахунок цього

підвищуються середньодобові прирости ремонтних свинок по досягненню ними парувального віку та покращуються продуктивні й відтворні якості вирощених з них свиноматок, при одночасному зниженні витрат кормів.

Дані досліджень Лихача В. Я. [22] свідчать про доцільність використання кормової добавки «Сел-Плекс» (органічна форма Селену) в порівнянні з неорганічними джерелами цього мікроелементу. При додаванні до основного раціону даної кормової добавки від кнурів-плідників одержували більший об'єм еякуляту та вищу концентрацію сперматозоїдів, що дало можливість отримати більшу кількість спермодоз. Одним з важливих показників якості сперми є виживаність гамет поза організмом, що вказує на ступінь збереження біологічної повноцінності та здатності їх до запліднення. Згідно з даними досліджень, життєздатність сперматозоїдів у дослідній групі становила 68 годин, що на 16 годин більше в порівнянні з контролем. Це свідчить про ефективність використання Селену для підвищення відтворної здатності кнурів-плідників.

Регулювання кількості мікроелементів в раціоні тварин необхідно не лише для запобігання негативної дії на функціонування систем організму, але й для усунення імовірного антагонізму між мікроелементами. За даними Staneviciene I. [290] надмірне надходження цього мікроелементу може призвести до негативних змін гомеостазу Заліза.

Залізо є активним центром каталази – ензиму (тетрамерний білок), який відповідає за детоксикацію H_2O_2 у клітинах. Реакція, що каталізується КТ, підтримує нормальний рівень пероксидів, тим самим захищає клітини від окисного пошкодження. Інактивація H_2O_2 забезпечує переривання ланцюгу утворення гідроксильного радикалу, що робить даний ензим ключовим у перериванні ланцюгу ПОЛ [224]. Низький рівень КТ супроводжується підвищеним вмістом пероксидів, що може призводити до порушення фізіологічних процесів, зокрема репродуктивної здатності самців та самок [265].

Ензими, що містять Залізо, беруть участь у реплікації ДНК, внутрішньоклітинній передачі сигналів, біосинтезі і модифікації молекул, детоксикації активних форм Оксигену та продукуванню енергії. Ці дані свідчать, що Залізо є важливим елементом для сперматогенезу та синтезу гормонів, особливо тестостерону. При цьому додавання до раціону самців мінеральних добавок, що містять у своєму складі Залізо, дозволить оптимізувати процес сперматогенезу, а отже й отримати еякуляти високої якості [186].

Згодовування Заліза в хелатній формі сприяє збільшенню приросту живої маси в період поросності та збереженню вгодованості свиноматок у підсисний період, що забезпечує високу їх молочність. Результати досліджень Газієва Б. М. [6] свідчать, що додавання до раціону органічної форми заліза позитивно впливає на показники відтворювальної здатності свиноматок та сприяє підвищенню великоплідності, збільшенню живої маси порослят на 21 добу, у місячному віці і при відлученні (у 45 діб).

Окрім позитивної дії Заліза на формування системи АОЗ, встановлена його роль як прооксиданта [160, 142]. За неправильної організації годівлі чи генетичної обумовленості у крові відмічається збільшення кількості вільного Заліза, що може призвести до токсичності даного мікроелементу та загибелі клітин через утворення вільних радикалів. Генерування гідроскильного радикала ($\text{OH}^{\bullet}$) відбувається за рахунок реакції між Fe^{+2} і H_2O_2 (реакція Фентона) [220].

Надмірне насичення тканин Залізом супроводжується значним зменшенням рівня стероїдів у самців, що призводить до зниження лібідо та порушення процесу сперматогенезу [186]. За даними Noetzli L. J. [228] встановлено, що найбільш руйнівної дії від перевантаження організму даним мікроелементом зазнає гіпофіз. Це супроводжується зменшенням його об'єму та порушенням синтезу лютеїнізуючого та фолікулостимулюючого гормонів, які, у свою чергу, регулюють роботу клітин Лейдіга, головна функція яких – продукування тестостерону.

Окрім есенціальних мікроелементів, провідна роль у формуванні ПАГ належить вітамінам, які мають антиоксидантні властивості. Вітамін Е (токоферол) є основним жиророзчинним компонентом антиоксидантної системи клітин, який не синтезується в організмі, а надходить до організму тварин виключно з кормами. Завдяки просторовій структурі токоферолу його бічний вуглеводневий ланцюг проникає у ліпідний шар мембрани, забезпечуючи її щільність структури, а наявність хроманового ядра дає йому змогу віддавати Гідроген, виступаючи інгібітором генерування АФО [257]. Вітамін Е також бере участь у захисті еритроцитів від гемолізу, спричиненого вільними радикалами, тоді як його нестача підвищує рівень продукування пероксидів мітохондріями через деструкцію мембран. Дефіцит цього вітаміну також може спричинити анемію через окисне пошкодження еритроцитів та порушення імунної відповіді [225, 267]. З даних досліджень Данчука О. В. [9] виявлено, що за впливу технологічних подразників відбувається зниження активності ферментативної системи антиоксидантного захисту, особливо це стосується тварин слабкого типу вищої нервової діяльності. Для корекції інтенсивності пероксидного окиснення ефективним є застосування міцелярної форми вітаміну Е. Це дозволяє знизити вміст дієнових кон'югатів, кетодієнів і спряжених триєнів у еритроцитах крові свиней слабкого типу вищої нервової діяльності.

Дані чисельних досліджень підтверджують провідну роль вітаміну Е у формуванні відтворної здатності самців та самок сільськогосподарських тварин, що в значній мірі обумовлено його есенціальними властивостями. Так експериментальні дані Umesiobi D. O. [300] вказують на вірогідний позитивний вплив згодовування вітаміну Е на прояв лібідо в кнурів-плідників. Одночасно з цим у самців, які додатково споживали вітамінну добавку встановлено збільшення об'єму еякуляту та підвищення життєздатності сперматозоїдів. Збагачення раціонів самців вітаміном Е сприяє збільшенню кількості зародкових клітин у сім'яних каналцях та забезпечує поліферацію

клітин Сертолі, що вказує на визначальну роль даного вітаміну в сперматогенезі [144].

Дефіцит вітаміну Е у свиней може бути причиною резорбції ембріонів та зниження інтенсивності росту поросят у постнатальний період, тому, залежності від фізіологічного стану свиноматок, особливу увагу приділяють організації їх живлення. За даними Wang L. [306] встановлено, що додавання до раціону матері 250 МО/кг вітаміну Е сприяло збільшенню концентрації імуноглобуліну G (IgG) та імуноглобуліну A (IgA) в плазмі свиноматок, молозиві та молоці, що забезпечило підвищення середньодобових приростів поросят у підсисний період. При цьому вища концентрацію α -токоферолу в крові поросят, матері яких додатково споживали вітамінну добавку, сприяла збільшенню активності ензимів антиоксидантної ланки.

Як антиоксидант вітамін А діє двома шляхами, по-перше, ретиноева кислота є провідним регулятором транскрипції та впливає на рівень експресії генів, які кодують ензими антиоксидантної ланки, по-друге, входячи до структури клітини, він захищає поліненасичені жирні кислоти мембран від реакційної дії вільних радикалів [100]. Ретиноева кислота індукує активність СОД і GРх, забезпечуючи при цьому зниження концентрації малонового деальдегіду. Деякі дослідження свідчать, що трансретиноева кислота відіграє ключову роль у інгібуванні активації зірчастих клітин печінки шляхом пригнічення експресії тіоредоксину, що знижує рівень окисного стресу [211, 276].

Нестача вітаміну А не лише може спричинити зміщення ПАГ у напрямі прискорення пероксидації, але й значно знизити репродуктивний потенціал самців та самок. При дефіциті вітаміну А у самців мишей відмічається ороговіння епітелію сім'яників, передміхурової залози та сім'яних каналців, що призводить до порушення процесу сперматогенезу. За даними Hogarth С. А. [155] ретиноева кислота в сім'яниках накопичується в клітинах Сертолі, яка в подальшому доставляється до сперматозоїдів на різних стадіях гаметогенезу. При недостатній кількості вітаміну А в раціоні самок процес

запліднення відбувається, проте порушується протікання ембріогенезу, що призводить до загибелі ембріонів у першій половині вагітності. Додаткове згодовування свиноматкам даного вітаміну або його ін'єкції дозволяють поліпшити виживаність плодів в ембріональний період, а також отримати більшу кількість живих поросят при народженні.

Вітамін С є домінуючим водорозчинним антиоксидантом, оскільки виступає потужним джерелом донора електронів та іннактивує вільні радикали як в клітинному просторі, так і в позаклітинній рідині з утворенням дегідроаскорбінової кислоти. У чоловіків вміст аскорбінової кислоти в спермальній плазмі в 10 разів вищий, ніж у плазмі крові, що свідчить про провідну роль аскорбату в захисті сперматозоїдів від негативної дії надлишкового рівня АФО [82].

Низький вміст аскорбінової кислоти раціоні є однією з причин виникнення окисного стресу в сім'яниках, що порушує синтез тестостерону клітинами Лейдіга та протікання процесу сперматогенезу. В останні роки кормові добавки з вітаміном С широко використовуються в раціонах самців з метою підвищення якості спермопродукції. З даних Lechowsk J. [183] встановлено, що додаткове споживання кнурми-плідниками даного вітаміну сприяло збільшенню об'єму еякуляту, концентрації сперматозоїдів та їх прогресуючої рухливості. Дослідження науковців підтверджують ефективність згодовування комплексу антиоксидантних вітамінів (А, Е, С) на якість отриманої спермопродукції, що проявляється в підвищенні функціональної активності сперматозоїдів на тлі посилення системи антиоксидантного захисту: збільшення вмісту відновленого глутатіону та активності СОД і КТ [33, 72].

У свиноматок окисний стрес, який спричинений дефіцитом вітаміну С на пізніх періодах поросності призводить до зниження кількості живих поросят при народженні. Окрім цього, даний стан є причиною зниження споживання корму свиноматками в період лактації, що зменшує їх молочність [189]. Ефективність нівелювання негативних дій окисного стресу

за рахунок згодовування аскорбінової кислоти залежить від тривалості його споживання, оскільки короточасне збагачення раціонів свиноматок цим вітаміном не впливає на репродуктивні показники. Тому для поліпшення протікання ембріогенезу, а також запобігання реакційних дій вільних радикалів на ембріони, згодовування даного вітаміну проводять протягом всього періоду поросності. При цьому підвищений рівень надходження вітаміну С до організму допомагає підтримувати нормальну кондицію та товщини шпику, таким чином зменшуючи метаболічний стрес у лактуючих свиноматок [288].

Сучасний розвиток біотехнології відтворення характеризується використанням методів екологічно-безпечного впливу на репродуктивну функцію тварин. Серед природних стимуляторів тваринного походження особлива роль відводиться застосуванню білкового продукту бджільництва – гомогенату трутневих личинок (ГТЛ), який є біологічним стимулятором. Його застосування сприяє підвищенню адаптогенних властивості свиней за інтенсивних умов ведення тваринництва [7]. Це обумовлено тим, що ГТЛ містить високий вміст сульфгідрильних груп, стероїдних гормонів (тестостерон, естрадіол), лімітуючих амінокислот (феніланін, метіонін, лізин, валін, гістедин), та вітамінів (β -каротин, α -токоферол, B_1 , B_2 , B_3 , B_4 , B_5 і B_6).

Додавання до раціону кнурів-плідників біологічно активної добавки ГТЛ помітно впливає на якісні та кількісні показники еякулятів, що проявляється в збільшенні об'єму еякуляту, концентрації сперматозоїдів, їх рухливості та виживаності. При осіменінні свиноматок спермодозами кнурів-плідників, до основного раціону яких було введено ГТЛ, відзначалось підвищення заплідненості та багатоплідності. Встановлений позитивний вплив згодовування ГТЛ кнурам-плідникам на якість спермопродукції обумовлений особливостями формування ПАГ в їх спермі, що проявляється сповільненням перебігу процесів пероксидації за рахунок зменшення вмісту ДК та збільшення активності ензимів АОЗ. Позитивний вплив даної біологічно активної добавки триває щонайменше 30 діб після припинення введення її до

раціонів, що проявляється у вірогідному підвищенні функціональної активності СОД і КТ, а також насиченістю АК та відновленим глутатіоном [70].

Результати спільних досліджень Шості А. М. та Ємеця Я. М. [69] свідчать, що протягом статевого дозрівання у свинок, процес пероксидного окиснення має суттєві зміни та досягає максимальних значень у віці 6–8 місяців. За згодовування ГТЛ відмічалось сповільнення інтенсивності перебігу процесів пероксидації та підвищення рівня АОЗ. При цьому зміни ПАГ у крові свинок на тлі введення ГТЛ, позитивно відзначалися на їх відтворній здатності. Доведено коригуючий вплив ГТЛ на ендокринну систему організму, що проявляється у підвищенні вмісту кортизолу, тироксину, трийодтироніну, які в свою чергу мають лімітуючий вплив на формування відтворної здатності. Щоденне згодовування свинкам ГТЛ позитивно впливає на час настання першої охоти, оптимізує тривалість статевих циклів, підвищує багатоплідність і масу гнізда при народженні та відлученні.

Матеріали викладених результатів досліджень зарубіжних і вітчизняних вчених свідчать про провідну роль вітамінно-мінерального живлення у формуванні відтворної здатності свиней, що проявляється в поліпшенні якості спермопродукції кнурів-плідників та підвищенні репродуктивних показників свиноматок. Головним чином це обумовлено антиоксидантними властивостями біологічно активних речовин, згодовування яких дозволяє сповільнити інтенсивність процесів пероксидації, захищаючи при цьому статеві клітини від окисного стресу. Це підтверджує актуальність розробки нових напрямків підвищення конверсії поживних речовин корму, за рахунок введення новітніх добавок органічного походження, що є особливо необхідною складовою в збільшенні виробництва продукції тваринництва завдяки істотному підвищенню продуктивності сільськогосподарських тварин і реалізації їх генетичного потенціалу.

1.3. Роль прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у формуванні відтворної здатності свиней.

Процеси пероксидного окиснення контролюють більшість фізіологічних процесів та мають значний вплив на відтворювальну здатність тварин. Визначення стану ПАГ в організмі тварин дозволить розкрити закономірності утворення АФО та оптимізувати систему АОЗ з метою поліпшення їх статевих функцій.

Вільні радикали Оксигену відіграють ключову роль у передачі клітинних сигналів під час біохімічних процесів, забезпечують нормальне дозрівання статевих клітин самців та самок, гіперактивацію сперматозоїдів, розвиток акросомної реакції, злиття гамет та ріст ембріонів [95, 138, 230].

На фізіологічному рівні АФО, у концентрації менше 1 мікромоля, проявляють вирішальну дію на регуляцію різноманітних сигнальних шляхів та підтримують щільність з'єднань гемато-тестикулярного бар'єру [123]. Оксид азоту (NO) під час сперматогенезу забезпечує своєчасне проходження сперматоцитів з базального відділу сім'яного епітелію до адлюмінального відділу для подальшого їх розвитку. Також NO відіграє важливу роль у в підтримці гомеостазу середовища в сім'яному епітелії та регулює рівень цитокінів і гормонів у сім'яниках [185, 316].

АФО забезпечують підтримку нормального тону судин через сигнальний шлях NO / гуанілциклази / циклічного гуанозинмонофосфату [123]. Активність NOS була встановлена у нейронних локаціях, зокрема гілці дорсальних нервів статевих членів та нервових сплетіннях в адвентиції глибоких кавернозних артерій. Тому іннервація симпатичних прегангліонарних нейронів від спинного мозку до статевих членів свідчить про те, що NO є фізіологічним медіатором еректильної функції [119, 262].

Кожен еякулят містить потенційні джерела генерування АФО, до яких відносять зрілі та незрілі сперматозоїди з аномальною головкою і цитоплазматичною краплею (залишкова цитоплазма) та пероксидазо-

позитивні лейкоцити. Значна кількість мітохондрій, що міститься в сперматозоїдах, вже на ранніх стадіях сперматогенезу забезпечує достатньо енергії для розвитку та дозрівання гамет. Пероксидази шляхом окиснення пероксидази глутатіонгідропероксид-фосфоліпиду підтримують цілісність так званого кератинового шару (мітохондріальна капсула) мітохондрій сперматозоїдів [268, 270].

Цілісність структури мітохондрій визначається вмістом цитохрому-С в клітинній мембрані. Посилене генерування АФО змінює проникність шарів мембрани та зумовлює активацію каспази, чим зі свого боку посилює апоптоз. При цьому підвищення рівня цитохрому-С у спермі свідчить про порушення проникності мембрани мітохондрій за реакційною дією вільних радикалів [80, 325]. При запаленні або інфекції статевих шляхів відмічається стимуляція хемотаксису та активація лейкоцитів, які знешкоджують збудників звдяки мієлопероксидазної системи [192]. Встановлено, що активовані лейкоцити, особливо гранулоцити, продукують значно більшу кількість АФО (>1000 разів) в порівнянні з морфологічно аномальними сперматозоїдами (з цитоплазматичною краплею). За даними Agarwal A. [79], окисний стрес виникає навіть при незначній кількості лейкоцитів у спермі, що відмічається на фоні позитивної кореляції між рівнем АФО та вмістом цих клітин.

Сперматозоїди є найбільш вразливими клітинами організму до дії АФО. Це зумовлено декількома факторами, по-перше, фаза ущільнення хроматину вважається критичною в процесі перматогенезу, оскільки в цих клітин відсутній механізм репарації ДНК, по-друге, мембрана в цих клітин містить велику кількість поліненасичених жирних кислот та низький рівень цитоплазматичних ензимних антиоксидантів, по-третє, самі сперматозоїди є генераторами АФО, особливо під час проходження через придаток сім'яника [268].

Відомо, що різке збільшення рівня АФО відбувається після еякуляції та зберігання сперми. Функцію антиоксидантного захисту виконує спермальна плазма, яка містить велику кількість антиоксидантів, які захищають

сперматозоїди від окисного стресу за рахунок інактивації АФО і метаболітів пероксидації [176].

АОЗ забезпечується ензимним захисним механізмом, який продукується простатою й додатковими залозами. До низькомолекулярних антиоксидантів відносять відновлений глутатіон, ретинол, токоферол та аскорбінову кислоту [148, 236, 275, 283]. Каталізуючи дисмутацію аніонів супероксиду на перекис Гідрогену та Оксиген, СОД захищає сперматозоїди від негативної дії вільних радикалів [108]. Рівень експресії гена СОД1 в статевій залозі самців дуже високий відносно до інших тканин організму. При цьому мРНК СОД1 виявлена на всіх етапах сперматогенезу, однак її активність встановлена лише в придатках сім'яників на фазі дозрівання. Експериментальні дані Стояновського В. Г. [37] також свідчать про істотну різницю активності СОД в спермальній плазмі протягом становлення статевої функції кнурців.

За даними Pegumal P. [241] та Pisan M. [245], зберігання сперматозоїдів бугаїв з додаванням СОД (100 OE/ml) попереджує продукування метаболітів пероксидації, чим підвищує виживаність статевих клітин та підтверджує позитивну кореляцію рівня даного ензиму в плазмі сперми з функціональною активністю гамет. Окрім захисту сперматозоїдів від реакційної дії вільних радикалів, СОД запобігає їх передчасній гіперактивації [233].

Дисмутація супероксиду супроводжується утворенням пероксиду Гідрогену, який має більш реактивну дію на сперматозоїди. Надлишок H_2O_2 призводить до активації КТ, яка головним чином діє в ендоплазматичному ретикулумі, пероксисомах, мітохондріях, цитозолі та спермальній плазмі [224, 265]. Інкубування спермодоз бугаїв з додаванням КТ підвищує виживаність сперматозоїдів та знижує кількість цих клітин з пошкодженою акросомою [240]. За даними Del Prete C. [120], додавання до розріджувача сперми комплексу ензимних антиоксидантів (СОД, КТ, ГП по 15 IU/ml кожного) пригнічувало активацію каспази-3 протягом 72 годин зберігання, чим знизило пошкодження мДНК та запобігало активації апоптозу

сперматозоїдів. Також відомо, що капацитація сперматозоїдів за дії вільних радикалів активується КТ.

Глутатіонпероксидаза являє собою групу споріднених ензимів (GPx1-8), котрі беруть участь у підтримці гомеостазу H_2O_2 , використовуючи відновлений глутатіон як джерело електронів. У статевих клітинах самців, глутатіонпероксидаза представлена трьома ізоформами - цитозольна (cGPx), мітохондріальна (mGPx) та ядерна (snGPx) [110, 201, 272]. Дані Martinov D. [217] свідчать, що висока активність цього ензиму погіршує запліднюючу здатність сперматозоїдів, що, ймовірно пов'язано зі зниженням фізіологічно необхідної концентрації H_2O_2 для нормального протікання процесу капацитації та акросомної реакції.

АК є важливим водорозчинним антиоксидантом, оскільки діє як окисно-відновний буфер за рахунок нейтралізації вільних радикалів у біологічних системах. Синтез аскорбату в організмі свиней включений у метаболічний шлях глюкуронової кислоти та залежить від активності L-гулоно- γ -лактооксидази, котра виявлена у мітохондріях клітин печінки. Після досягнення статевої зрілості, біосинтез АК у печінці кнурів у два рази вище ніж в свинок, що пов'язано зі значним використанням даного вітаміну для утворення естрогену та прогестерону. Найвища концентрація АК зосереджена в залозах внутрішньої секреції (гіпофіз, наднирники) та гонадах, що підтверджує її роль у підтримці нормального функціонування репродуктивної системи. Акумульована в сім'яниках АК, завдяки підтримці цілісності колагенових шарів, забезпечує формування нормальної структури базальної мембрани сім'яних каналців та сприяє нормальному функціонуванню ендокриноцитів, головна функція яких – синтез тестостерону [209].

У спермальній плазмі АК виступає важливим антиоксидантом, є донором електронів та інактивує $O_2^{\bullet-}$, H_2O_2 , OH^- в позаклітинній рідині з утворенням ДАК [79]. Відіграючи провідну роль у регуляції окисних реакцій у клітині, аскорбат підтримує стабільність структури ДНК та процес транскрипції. У присутності Fe^{3+} та Cu^{2+} аскорбат забезпечує відновлення кожного із цих

металів, чим запобігає утворенню вільних радикалів, а отже й захищає сперматозоїди від окисного стресу [87, 287].

Дані досліджень Kothari R. [177] підтверджують позитивну кореляцію між даного вітаміну в спермі та концентрацією сперматозоїдів, їх рухливістю й нормальною морфологією, тоді як низька кількість АК призводить до зниження фертильності, що, імовірно, пов'язано з посиленням окисного стресу [125].

Після надходження до статевих шляхів самки сперматозоїди знаходяться у насиченому АФО середовищі, генераторами яких головним чином є нейтрофіли. Надмірна кількість вільних радикалів здатна перешкоджати нормальному злиттю гамет, проте після капацитації сперматозоїди вже майже не підлягають руйнівним діям фагоцитів.

Дозрівання ооцитів відбувається у фолікулах яєчників, середовище якого забезпечує нормальний ріст та розвиток яйцеклітин під час підготовки до овуляції та запліднення. У період росту фолікули піддаються структурним змінам, зокрема формуванню судинної мережі, клітинній проліферації та диференціації. Дані зміни зумовлюють утворення середовища з низьким вмістом кисню, що свідчить про те, що ооцит розвивається в потенційно гіпоксичних умовах [107, 193]. За даними Li R. [190] та Iwamoto M. [162] встановлено, що інкубування ооцитів у середовищі з оптимальним рівнем Кисню (5 %) збільшує швидкість їх дозрівання, та сприяє підвищенню якості бластоцист. Дані зміни пояснюються тим, що Кисень сприяє експресії генів (DEG), які підтримують життя клітини за рахунок забезпечення окисного фосфорилування, регуляції транскрипції, роботи мітохондрій, сигнального шляху естрогену. Однак, збільшення рівня O_2 (20%) негативно впливає на розвиток ооцитів, що обумовлено посиленням генеруванням вільних радикалів. Додавання в культуральне середовище прооксидантного ензиму ксантиноксидази стимулює настання апоптозу ооцитів [296].

У свиноматок ооцит має тісний зв'язок з кумулюсними клітинами, які не лише виконують підтримуючу функцію в дозріванні до другої стадії метафази,

але й захищають ці статеві клітини від апоптозу шляхом продукуванням відновленого глутатіону, чим попереджують їх окисне ушкодження. Це вказує на важливість рівноваги між рівнем генерування АФО і станом системи АОЗ.

Фолікулярна рідина виконує роль АОЗ, забезпечує оптимальне мікросередовище для розвитку ооцитів, а деякі біохімічні її складові відіграють вирішальну роль у формуванні якості та визначенні подальшого потенціалу цих клітин для досягнення запліднення та розвитку ембріонів. У передовуляторних фолікулах відмічається підвищення рівня вільних радикалів з одночасним підтриманням СОД і КТ у знижених концентраціях, забезпечуючи при цьому необхідний баланс аніону супероксиду та пероксиду Гідроненц для нормального функціонування клітин [274]. Відсутність гену синтезу SOD1 супроводжується зниженням фертильності самок, що проявляється в аномальному розвитку антральних фолікулів та відсутності жовтих тіл. У цих же тварин встановлена посилена фолікулярна атрезія, причиною якої є розвиток окисного стресу [117].

Згідно з дослідженнями Шості А. М. [67], інтенсивність перебігу процесів ПОЛ в тканинах репродуктивних органів самок залежить від періодів відтворного циклу. Після овуляції, у яєчниках свиноматок відмічається генерування АФО і накопичення метаболітів пероксидації жовтим тілом, що, імовірно, обумовлено лімітуючою дією вільних радикалів при протіканні лютеолізу.

Механізм злиття гамет характеризується продукуванням сперматозоїдами власного реактивного Оксигену і пероксиду Гідрогену, для забезпечення нормального протікання акросомної реакції та проникнення в ооцит, який зі свого боку інактивує АФО, використовуючи власні ензимні антиоксиданти (СОД і КТ), підтримуючи їх фізіологічний рівень [96, 321].

З даних Blomberg L. A [101] встановлено, що, починаючи з 5-ї доби ембріогенезу, відмічається посилена експресія генів глутатіонпероксидази (GPX1), мікросомальної глутатіон-S-трансферази (MGST1) і цитоплазматичної супероксиддисмутази (SOD1), що є сигнальною відповіддю

на розвиток окисного стресу. Одночасно з цим відмічається надходження СОД до маткових труб для нівелювання реакційної дії вільних радикалів, відіграючи важливу роль у захисті ембріонів [131].

Експресія NO-синази в ендометрії та судинах, які його пронизують, свідчить про роль NO у підготовці організму матері до імплантації ембріонів. Регуляція функцій ендометрія, міометрія та мікросудин матки відбувається за допомогою синергічного зв'язку NO зі стероїдними гормонами, особливо прогестероном [78].

Поросність суповоджується істотними змінами гормонального фону та метаболічних процесів у тканинах репродуктивних органів свиноматок, що призводить до змін стану ПАГ. У другій половині ембріонального розвитку відмічається зниження вмісту антиоксидантів з одночасним збільшенням концентрації АФО завдяки великій кількості мітохондрій у плаценті, яка вже майже досягла максимальних розмірів. Це пояснюється динамічними змінами в багатьох системах органів, які призводять до збільшення базального споживання Оксигену [232].

Інтенсивність ПОЛ у ембріонів свиней можна нівелювати за рахунок додавання до раціону свиноматок біологічно активні речовини, оскільки епітеліохоріальний тип плаценти цих тварин характеризується селективним транспортом вітамінів-антиоксидантів, який визначається потребами плодів. Встановлено, що згодовування порослим свиноматкам вітамінів А, Е, С, а також есенціальних мікроелементів забезпечує зниження вмісту вторинних продуктів пероксидації та підвищує систему АОЗ ембріонів [67].

У поросят із затримкою внутрішньоутробного розвитку, при дослідженні кишківника, печінки та м'язів встановлено знижений рівень ензимів антиоксидантної ланки та ензимів, які мають прооксидантні властивості [305]. Це додатково підтверджує необхідність контролю вітамінно-мінерального живлення свиноматок у другу половину поросності. Низький вміст Оксигену необхідний для росту та розвитку плоду, проте перехід організму новонароджених поросят на анаеробний метаболізм характеризується продукуванням великої кількості АТФ. При цьому даний перехід

(анаеробне→аеробне дихання) супроводжується насиченим вмістом АФО, головними генераторами яких є неонатальні клітини. За даними Osorio J. [235] та Rosa F. [261], у перші години життя поросят відбуваються зміни функціонування шлунково-кишкового тракту, що є однією з причин розвитку окисного стресу. У крові одноденних поросят перебіг процесів пероксидації вищий, ніж у 10-денних, а у печінці – переважає дорослих. Зміщення ПАГ в напрямку прискорення процесів пероксидації, одночасно відбувається зі зниженням активності СОД і КТ в організмі. [243].

Результати досліджень Yin J. [318] вказують на розвиток окисного стресу в новонароджених поросят, причиною якого є низький рівень АОЗ. При цьому вільні радикали активують сигнальний шлях ядерного фактору еритроїдного походження 2 (Nrf2), що призводить до експресії антиоксидантних генів і вивільнення антиоксидантних ензимів. З поступовим розвитком антиоксидантної системи окисний баланс може бути відновлений через 7 діб після народження поросят.

Таким чином, численними дослідженнями підтверджено провідну роль рівноваги між рівнем генерування АФО та станом системи АОЗ у нормальному протіканні гаметогенезу самців і самок, злитті гамет та критичних періодів ембріогенезу (імплантації і плацентації). Оскільки зміни стану ПАГ у напрямі прискорення процесів пероксидації знижують якість статевих клітин, а отже, й репродуктивний потенціал тварин, існує необхідність розробки ефективних способів корекції живлення, які будуть направлені на отримання біологічно повноцінних нащадків, за рахунок оптимізації інтенсивності процесів пероксидації.

1.4. Обґрунтування вибору напрямів власних досліджень

Інтенсифікація технології виробництва продукції тваринництва супроводжується стресовим навантаженням на організм тварин та призводить до порушення адаптаційних механізмів. Дані зміни негативно відображаються на їх відтворній здатності, що головним чином пов'язано зі зміною стану ПАГ у напрямі прискорення процесів пероксидації.

Упродовж останнього часу накопичено значну кількість експериментальних даних, які підтверджують важливість дослідження особливостей взаємозв'язку ПАГ з формуванням та функціонуванням репродуктивної функції в пубертатних та статевозрілих самців та самок свиней. Залишається недостатньо вивченим вплив змін стану ПАГ на біологічну повноцінність гамет та ембріонів з подальшим визначенням якості отриманих нащадків.

З огляду на те, що статеві клітини є найбільш чутливими до розвитку окисного стресу, необхідно чітко розуміти механізми впливу вільних радикалів на протікання процесу сперматогенезу. В процесі формування сперматозоїдів стан ПАГ значно змінюється на різних стадіях дозрівання, тому розкриття особливостей їх взаємозв'язку дозволить глибше зрозуміти деякі процеси формування репродуктивного потенціалу тварин.

Дотепер залишаються не достатньо з'ясовані особливості формування ПАГ у критичні періоди поросності (імплантації, плацентації) та причини розвитку оксидативного стресу в післяпологовий період у свиноматок та новонароджених поросят. АФО відіграють провідну роль у процесах відтворення: низький рівень супероксиду є визначальним фактором у злитті гамет та подальшому розвитку зиготи, а оптимальна концентрація оксиду Азоту забезпечує їх імплантацію. Однак у критичні періоди поросності відбувається посилення процесів пероксидації, що може провокувати порушення розвитку плоду, а значить, і знижувати якість одержаного приплоду.

З етичних причин людина не може бути використана об'єктом деяких досліджень, тому їх проводять на тваринах, фізіолого-біохімічні процеси яких максимально наближені. Тип плаценти в людей і свиней значно відрізняється, проте зв'язок між елементами функціональної системи мати-плацента-плід відбувається подібними механізмами (гуморальними, нервово-рефлекторними, плацентарними), що дозволяє встановити загальні закономірності в цій системі для ссавців, зокрема людини. Використання

свиней, як об'єктів досліджень критичних періодів вагітності, дозволить розробити ефективні методи зниження ембріональної смертності.

У поросят, від народження до відлучення налічується три критичні періоди онтогенезу, для яких характерне посилене генерування АФО, які зумовлюють зміни структури клітин (підвищують проникність) та викликають інактивацію (інгібування ензимів) антиоксидантної ланки, що надалі знижує продуктивні показники молодняку.

Для підвищення резистентності організму до окисного стресу та посилення ензимної функції досить успішно використовують кормові добавки, основою яких є мікроелементи. Деякими науковцями встановлений стимулюючий вплив мікроелементів на ємність системи АОЗ, однак виникає необхідність вивчення впливу окремих цих елементів на репродуктивні показники самців та самок.

Дотепер залишаються ще частково з'ясовані питання впливу ПАГ на формування відтворної здатності свиней різних статевовікових груп залежно від їх фізіологічного стану, що потребує розроблення нових методів управління метаболічними процесами та пошуку шляхів їх ефективного коригування. Враховуючи провідну роль біологічно активних речовин у регуляції фізіологічних функцій у критичні періоди відтворного циклу свиней, актуальним залишається коригування їх живлення, що може дозволити підвищити показники власної продуктивності кнурів і свиноматок, а отже, удосконалити в цілому технологію виробництва свинини.

Цим і зумовлено проведення досліджень, результати яких викладені в наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експерименти з дисертаційної роботи були проведені впродовж 2019–2023 рр. в умовах ПрАТ «Племсервіс» та лабораторії годівлі, фізіології та здоров'я тварин Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН, на кафедрі технології виробництва продукції тваринництва Полтавського державного аграрного університету відповідно до загальної схеми досліджень (рис. 2.1.).



Рис. 2.1. Загальна схема досліджень.

Для корекції мінерального живлення звиней за Міддю використовували цитрат Міді нанотехнологічного походження, який виготовлений в умовах ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології».

Етап I. Дослідити особливості формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу й біохімічного складу в крові та спермі кнурів-плідників та їх взаємозв'язок з якістю спермопродукції за згодовування цитрату Міді.

Метою першого експерименту було з'ясувати особливості формування ПАГ й біохімічного складу в крові та спермі кнурів-плідників залежно від доз згодовування цитрату Міді.

В експерименті було використано 9 дорослих кнурів-плідників великої білої породи віком від 18 до 24 місяців, живою масою від 250 до 300 кг, з яких сформували три групи за принципом аналогів, по три голови в кожній (контрольна і дві дослідні). Утримували тварин в індивідуальних станках площею 7 м². Годівлю здійснювали двічі на добу згідно з кормовими нормами (3,5 кг/добу комбікорму) [32]. Раціон кнурів-плідників контрольної групи залишали без змін (15,4 мг Міді на 1 кг комбікорму), а I та II дослідних груп – з добавкою цитрату Міді вище відповідно на 10 % (вміст Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження становив 1,5 мг на 1 кг комбікорму) і 20 % (вміст Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження становив 3 мг на 1 кг комбікорму). Тривалість експерименту становила 105 діб, зокрема: підготовчий період – 30 діб, основний – 45 діб (згодовування цитрату Міді) і заключний – 30 діб.

У встановлені дні кожного періоду від кнурів-плідників вранці натще проводили збір крові. Для оцінки ПАГ та біохімічного складу використовували цільну кров, плазму та сироватку. Стан ПАГ визначали за інтенсивністю процесів пероксидації (вміст дієнових кон'югатів і ТБК-активних сполук) та рівнем системи антиоксидантного захисту (активністю супероксиддисмутази і каталази, вмістом відновленого глутатіону, аскорбінової та дегідроаскорбінової кислот). Для встановлення загального фізіологічного стану організму кнурів-плідників аналізували біохімічний статус у крові, визначаючи активність ензимів (лужна фосфатаза,

аланінамінотрансфераза, аспартатамінотрансфераза, лактатдегідрогеназа, гамма-глутамілтрансфераза, альфа-амілаза) та вміст загального білку, альбуміну, глобуліну, креатиніну, сечовини, глюкози, холестерину, тригліцеридів, білірубину загального. Мінеральний обмін оцінювали за вмістом: неорганічного Фосфору, Калію, Натрію, Хлору (схем. 2.1).

Схема 2.1.

Дослідження якості спермопродукції та стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу та біохімічного складу в крові і спермі кнурів-плідників за дії цитрату Міді

Групи	Раціон	Досліджувані	
		тканина, секрет	показники
Контрольна	ОР*	кров сперма	<i>фізіологічні:</i> маса еякуляту концентрація сперматозоїдів загальна кількість сперматозоїдів кількість живих сперматозоїдів рухливість сперматозоїдів виживаність сперматозоїдів <i>Морфометричні:</i> розміри сперматозоїдів аномальні форми сперматозоїдів <i>Біохімічні:</i> загальний білок альбумін глобулін креатинін сечовина глюкоза холестерин тригліцериди білірубін загальний лужна фосфатаза аланінамінотрансфераза аспартатамінотрансфераза лактатдегідрогеназа гамма-глутамілтрансфераза альфа-амілаза неорганічний фосфор калій натрій хлор дієнові кон'югати ТБК-активні сполуки супероксиддисмутаза каталаза відновлений глутатіон аскорбінова і дегідроаскорбінова кислоти
I дослідна	ОР+10% Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження (1,5 мг/кг комбікорму)		
II дослідна	ОР+20% Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження (3 мг/кг комбікорму)		

Примітка: * – ОР – основний раціон

Сперму від кнурів-плідників одержували двічі на тиждень мануальним методом (без використання штучної вагіни) [13]. У підготовчий період було відібрано 24 еякуляти, в основний період 36 еякулятів (24 еякуляти – 30 доба, 12 еякулятів – 45 доба) та у заключний період – 24 еякуляти від кожної групи тварин, що забезпечує оптимальне функціонування статеві системи. Якість спермопродукції визначали за масою еякуляту, концентрацією сперматозоїдів, загальною чисельністю сперматозоїдів та кількістю їх живих форм. Для оцінки функціональної активності сперматозоїдів встановлювали їх рухливість та виживаність. При визначенні біологічної повноцінності гамет враховували їх морфометричні параметри (загальна довжина сперматозоїдів, довжина, ширина і об'єм головки, довжина тіла) та проводили візуальну оцінку для встановлення аномальної морфології сперматозоїдів.

Для порівняння запліднюючої здатності сперматозоїдів кнурів-плідників після згодовування цитрату Міді проводили штучне осіменіння 30-ти свиноматок, які були закріплені за кожною групою. Аналіз репродуктивних показників свиноматок проводили з урахуванням заплідненості (%), кількості поросят при народженні (живих/мертвих гол.), великоплідності (кг), маси гнізда (кг) при народженні та відлученні на 28 добу розвитку

У другому експерименті визначали вплив додавання цитрату Міді до спермодоз на формування ПАГ та функціональну активність сперматозоїдів. Згідно зі схемою 2.2. до цільної та розрідженої сперми вводили цитрат Міді.

Розрідження еякулятів проводили за допомогою глюкозо-хелато-цитратного розріджувача до 2 млрд сперматозоїдів у 100 мл спермодози [13]. У досліджуваних зразках до та після 3-х і 24-х годинного інкубування при температурі 17°C і 38°C визначали інтенсивність процесів пероксидації за концентрацією дієнових кон'югатів та ТБК-активних комплексів, стан системи антиоксидантного захисту за активністю ензимних та вмістом низькомолекулярних антиоксидантів. Виживаність сперматозоїдів оцінювали за здатністю до прямолінійного поступального руху.

Дослідження із додавання цитрату Міді до спермодоз

Цільна сперма, 10 мл		Розріджена сперма, 10 мл	
Контрольна	Дослідна	Контрольна	Дослідна
Без додавання цитрату Міді	+ 6 мг Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження	Без додавання цитрату Міді	+ 6 мг Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження

Етап II. Дослідити вплив згодовування цитрату Міді окремо та в комплексі з гомогенатом трутневих личинок на біохімічні показники крові та сперми та їх взаємозв'язок з якістю еякулятів кнурів-плідників.

Метою експерименту було дослідити вплив згодовування цитрату Міді окремо та в комплексі з гомогенатом трутневих личинок на морфо-фізіологічні та біохімічні показники якості спермопродукції кнурів-плідників та встановити взаємозв'язок з їх відтворною здатністю.

Дослідження щодо дії цитрату Міді окремо чи в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок на якість отриманих еякулятів було проведено з використанням дорослих кнурів-плідників, які були аналогами за породою (велика біла), віком, живою масою й показниками якості спермопродукції та розділені на 3 групи по 3 голови в кожній: (контрольна і дві дослідні). Годівлю кнурів-плідників проводили двічі на добу дотримуючись норм [32]. Раціон кнурів-плідників контрольної групи залишали без змін, а I та II дослідних груп з добавкою цитрату Міді вище відповідно на 5 % (вміст Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження становив 2,6 мг на добу) і 5 % Міді із гомогенатом трутневих личинок 0,5 г/добу (вміст Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження становив 2,6 мг на добу). Інтенсивність статевого навантаження кнурів-плідників становила дві садки на тиждень. Еякуляти одержували мануально та оцінювали їх якість за загальноприйнятими методиками. В отриманих еякулятах також визначали морфометричні параметри сперматозоїдів шляхом фарбування мікропрепаратів сперми з подальшою цитоморфометрією. При цьому

проводили оцінку стану ПАГ та біохімічного складу крові та сперми кнурів-плідників згідно схеми 2.3.

Схема 2.3

Дослідження показників якості спермопродукції, стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу та біохімічного складу в крові й спермі кнурів-плідників за згодовування кормових добавок

Групи	Раціон	Досліджувані	
		тканина, секрет	показники
Контрольна	ОР*	кров сперма	<i>фізіологічні:</i> маса еякуляту концентрація сперматозоїдів загальна кількість сперматозоїдів кількість живих сперматозоїдів рухливість сперматозоїдів виживаність сперматозоїдів <i>морфометричні:</i> розміри сперматозоїдів аномальні форми сперматозоїдів <i>біохімічні:</i> загальний білок альбумін глобулін креатинін сечовина глюкоза холестерин тригліцериди білірубін загальний лужна фосфатаза аланінамінотрансфераза аспартатамінотрансфераза лактатдегідрогеназа гамма-глутамілтрансфераза альфа-амілаза неорганічний фосфор калій натрій хлор дієнові кон'югати ТБК-активні сполуки супероксиддисмутаза каталаза відновлений глутатіон аскорбінова і дегідроаскорбінова кислоти
I дослідна	ОР+5 % Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження (2,6 мг на добу)		
II дослідна	ОР+5 % Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження цитрату Міді (2,6 мг на добу) із ГТЛ** (0,5 г на добу)		

Примітка: * – ОР – основний раціон, ** – ГТЛ - гомогенат трутневих личинок

Етап III. Дослідити особливості формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові свинок у період статевого дозрівання за згодовування цитрату Міді.

Експеримент передбачав встановлення особливостей формування ПАГ в крові свинок у препубертатний та пубертатний періоди за згодовування різних доз цитрату Міді. Для досліду було відібрано клінічно здорових ремонтних свинок, які були аналогами за породою (велика біла), віком і живою масою та розділені на три групи (15 голів у кожній) контрольна та дві дослідні (I і II). Годівлю свинок проводили з врахуванням віку відповідно до кормових норм двічі на добу [32]. Основний раціон тварин контрольної групи залишався без змін. Ремонтним свинкам I дослідної групи залежно від їх маси на добу додатково згодовували Мідь у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження в кількості 2,4 мг (40–50 кг), 2,5 мг (50–60 кг), 2,6 мг (60–70 кг), 2,8 мг (70–80 кг), 3,0 мг (80–120 кг), що було більше на 10 % від основного раціону. Ремонтним свинкам II дослідної групи залежно від їх маси на добу додатково згодовували Мідь у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження в кількості 4,8 мг (40–50 кг), 5,0 мг (50–60 кг), 5,2 мг (60–70 кг), 5,6 мг (70–80 кг), 6,0 мг (80–120 кг), що було більше на 20 % від основного раціону.

Для визначення стану ПАГ проводили відбір зразків крові від свинок на початку експерименту, у віці 4 місяці та після досягнення ними 5-ти, 6-ти, 7-ми, 8-ми, 9-ти і 10-ти місячного віку.

У 9-ти місячному віці, після досягнення свинками 110–120 кг живої маси їх штучно осіменяли спермодозами від кнурів-плідників великої білої породи оцінених за якістю нащадків. Свинок в охоті виявляли двічі на добу за допомогою кнура-пробника та штучно осіменяли через 24–30 годин від початку її встановлення. Відбір крові від свиноматок та їх поросят проводили в день опоросу та в день відлучення на 28-у добу розвитку. В отриманих зразках крові досліджували рівень компонентів ПАГ відповідно до схеми 2.4.

Схема 2.4.

Дослідження прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові свинки у різні періоди відтворного циклу за згодовування цитрату Міді

Групи	Раціон	Досліджувані показники ПАГ
Контрольна	ОР*	супероксиддисмутаза
I дослідна	ОР+10 % Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження	каталаза відновлений глутатіон аскорбінова і дегідроаскорбінова кислоти
II дослідна	ОР+20 % Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження	дієнові кон'югати ТБК-активні сполуки

Примітка: * – ОР – основний раціон

Етап IV. Дослідити особливості впливу цитрату Міді окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок на стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові поросних свиноматок та їх взаємозв'язок з відтворною здатністю.

Метою експерименту було встановити вплив цитрату Міді окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок на формування ПАГ в крові поросних свиноматок.

В експерименті використано 15 голів свиноматок великої білої породи на 60-ту добу поросності, які були відібрані та розділені на групи (5 голів у кожній) за принципом аналогів. Годівлю поросних свиноматок проводили згідно з нормами відповідно до їх фізіологічного стану [32]. Раціон контрольної групи свиноматок від 60-ї до 80-ї діб поросності залишався без змін, I дослідної групи – ОР+5 % Міді (2,2 мг) у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження, II дослідної групи – ОР+5 % Міді (2,2 мг) у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження +0,5 г ГТЛ гол/добу

Раціон контрольної групи свиноматок від 81-114-ї діб поросності залишався без змін, I дослідної групи – з добавкою 5 % Міді (2,6 мг) у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження, II дослідної групи – з добавкою 5 % Міді (2,6 мг) у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження із гомогенатом трутневиз личинок 0,5 г гол/добу відповідно до схеми досліджень (схема 2.5.). Додаткове згодовування біологічно активних сполук припиняли за добу до опоросу.

На 60-ту, 90-ту, 104-ту, 114-ту доби поросності, а також на 5-ту і 28-му доби підсисного періоду проводили забір крові від свиноматок та їх поросят для встановлення стану ПАГ.

Схема 2.5.

Дослідження прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові поросних та лактуючих свиноматок за згодовування кормових добавок

Групи	Раціон	Досліджувані показники ПАГ
Контрольна	ОР*	супероксиддисмутаза каталаза відновлений глутатіон аскорбінова і дегідроаскорбінова кислоти діснові кон'югати ТБК-активні сполуки
I дослідна	ОР+5 % Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження (2,2 мг гол./добу з 60-ї по 80-ту доби; 2,6 мг на гол./добу з 81 по 114 доби)	
II дослідна	ОР+5% Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження (2,2 мг + 0,5 г ГТЛ гол./добу з 60-ї по 80-ту доби; 2,6 мг + 0,5 г ГТЛ на гол./добу з 81 по 114 доби)	

Примітка: * – ОР – основний раціон

Аналітичні дослідження:

Оцінка якості спермопродукції. Свіжозібрані еякуляти (після трьохгодинної стабілізації) аналізували за масою (г), концентрацією сперматозоїдів (млн. клітин/см³), загальною кількістю сперматозоїдів в еякуляті (млрд.), кількістю живих сперматозоїдів в еякуляті (млрд.), рухливістю сперматозоїдів (%) та виживаністю сперматозоїдів (%). Масу еякуляту після фільтрування визначали в одноразовому поліетиленовому спермоприймачі шляхом зважування з використанням лабораторних вагів ТВЕ-0.6 (TECHNO WAGY, Україна, 2018) з точністю ± 10 мг. Концентрацію сперматозоїдів визначали з використанням приладу Photometer SpermaCue (Minitüb, Німеччина, 2013). Загальну кількість сперматозоїдів в еякуляті визначали шляхом множення об'єму еякуляту на концентрацію цих гамет. Кількість живих сперматозоїдів в еякуляті визначали шляхом множення загальної кількості сперматозоїдів в еякуляті на відсоток рухливих сперматозоїдів [26].

Рухливість сперматозоїдів визначали окомірно під мікроскопом. Для цього на сухе предметне скло піпеткою наносили краплю сперми та накладали покривне скельце. Приготовлений препарат розміщували на предметний столик мікроскопа з'єднаний з нагрівальним столиком (38–40°C). Активність гамет визначали при збільшенні мікроскопа в 180–300 разів. Рухливість сперматозоїдів оцінювали в балах, за десятибальною шкалою. Вищу оцінку 10 балів одержувала сперма, у якій практично всі 100 % сперматозоїдів рухаються прямолінійно-поступально. При 90 % сперматозоїдів з прямолінійно-поступальним рухом ставили 9 балів, при 80 % - 8 і т.д. Вживаність сперматозоїдів визначали прискореним методом (терморезистентна проба). Для цього досліджувані зразки сперми витримували в термостаті при температурі 38°C протягом 3-х годин. Показник рухливості сперматозоїдів після інкубування визначали за вище наведеною методикою [13].

Морфометричний аналіз сперматозоїдів. На знежирене, сухе предметне скельце наносили краплю попередньо розрідженої сперми (1 %-м розчином NaCl в 2 рази) та робили тонкий мазок, котрий висушували на повітрі, а в подальшому фіксували 96 %-м спиртом-ректифікатом протягом 1–2 хвилин. Отриманий мазок споліскували дистильованою водою та фарбували розчином азур-еозину [74]. На отриманих препаратах проводили визначення морфологічних розмірів сперматозоїдів методом цитоморфометрії за допомогою мікроскопа PZO ECLIPSE E-200F з подальшою відеомікроскопічною цитометрією з використанням цифрової насадки MICROmed MDC-500 в програмному середовищі Vividia Able Scope. Від кожного кнура-плідника вимірювали 100 сперматозоїдів, котрі мали прямолінійне просторове розміщення. Морфологічний аналіз розмірів сперматозоїдів проводили за показниками: загальна довжина, довжина, ширина та об'єм головки, довжина тіла. Об'єм головки сперматозоїда визначали за формулою [26]:

$$V \text{ еліпса} = \frac{4}{3} \pi ab^2,$$

де a – $\frac{1}{2}$ довжини головки сперматозоїда;

b – $\frac{1}{2}$ ширини головки сперматозоїда.

Поряд з визначенням розмірів сперматозоїдів проводили їх візуальну оцінку з метою визначення аномалій в морфології згідно з класифікацією Блома.

Визначення стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу. Для оцінки інтенсивності перебігу процесів пероксидного окиснення в крові та спермі визначали:

Концентрацію дієнових кон'югатів – спектрофотометрично. Метод базується на властивості дієнових кон'югатів поглинати світлове випромінювання в ультрафіолетовій ділянці спектру при довжинні хвилі 233 нм. При цьому оптична щільність розчину пропорційна концентрації дієнових кон'югатів у дослідному зразку [5].

Концентрацію ТБК-активних сполук (альдегіди і кетони) – фотоелектроколориметрично. Метод базується на реакції між малоновим діальдегідом і тіобарбітуровою кислотою, яка при високій температурі в кислому середовищі протікає з утворенням кольорового комплексу [5].

Для оцінки рівня антиоксидантного захисту у зразках крові та сперми визначали:

Активність супероксиддисмутази – фотометрично за швидкістю пригнічення аутоокиснення адреналіну. Метод базується на здатності супероксиддисмутази пригнічувати аутоокислення адреналіну, яке ініціюється супероксидними радикалами, що виникають при взаємодії адреналіну із металами в лужному середовищі [66].

Активність каталази – за методом, котрий базується на здатності оксиду Гідрогену утворювати із солями молібдену амонію стійкий забарвлений комплекс [18].

Вміст відновленої форми глутатіону - фотоелектроколориметрично з використанням реактиву Елмана. Метод базується на тому, що сульфгідрильна група відновленого глутатіону вступає в реакцію з 5,5-дітіо-біс-(2-

нітробензойною) кислотою (реактив Елмана), у результаті чого в еквімолярних кількостях утворюється пофарбований у жовтий колір тіо-нітрофенільний аніон, що має максимум 412 нм [66].

Концентрацію аскорбінової і дегідроаскорбінової кислот за якісною реакцією їх з 2,4-динітрофенілгідрозиним з послідуєчим визначенням кількості утворених озазонів, модифікованим методом [40].

Для аналізу загального клінічного стану визначали:

Вміст загального білку за біуретовою реакцією, яка базується на здатності білків реагувати з сірчаною кислотою міддю в лужному середовищі з утворенням сполук фіолетового забарвлення, при цьому інтенсивність забарвлення реакційного розчину прямопропорційна концентрації білків в досліджуваній сироватці [5].

Вміст білкових фракцій (альбумінів і глобулінів) за турбідиметричним методом, який базується на осадженні фосфатними розчинами певної концентрації різних білкових фракцій сироватки крові [27].

Вміст креатиніну за колірною реакцією Яффе, при якій креатинін у лужному середовищі реагує з пікриновою кислотою з утворенням сполуки оранжево-червоного кольору, що має максимум поглинання при довжині хвилі 510 нм [5].

Вміст сечовини за колірною реакцією з діацетилмонооксидом, при якій діацетилмонооксид у кислому середовищі гідролізується до діацетилю, який, реагуючи з сечовиною, утворює комплекс червоно-рожевого забарвлення, що має максимальне поглинання при довжині хвилі 520 нм [27].

Вміст глюкози - глюкозоксидазним методом, при якому глюкоза в присутності глюкозоксидози окислюється киснем повітря до глюконової кислоти та перекису водню, який у присутності пероксидази реагує з фенолом та 4-амінофеназоном з утворенням хіноніміна червоно-фіолетового забарвлення, який визначається фотометрично [5].

Вміст холестерину ферментативним методом, при якому холестерин під дією холестериноксидази окислюється киснем повітря до холестерин-3-ону та

перексиду гідрогену. Останній під дією пероксидази утворює з фенолом та 4-аміноантипірином. хінонімін рожево-червоного кольору. Інтенсивність забарвлення розчину прямо пропорційна концентрації холестерину у крові [56].

Вміст тригліцеридів колориметричним методом з гліцирофосфорною оксидазою [57].

Вміст білірубіну загального – при взаємодії сульфанілової кислоти з азотнокислим натрієм утворюється діазофенілсульфонова кислота, яка разом із зв'язаним (кон'югованим) білірубіном сироватки крові дає рожево-фіолетове забарвлення [5].

Активність аланінамінотрансферази кінетичним методом, який базується на здатності АлАТ каталізувати перенос аміно-групи від L-аланіну до α -оксоглутарату в результаті чого утворюються піруват та L-глутамат. Отриманий піруват під час спряженої реакції, що каталізується лактат-дегідрогеназою (LDH) в реакцію з NADH, в присутності іонів водню. Продуктами цієї реакції є L-актат та NAD⁺. Перетворення NADH в NAD⁺ супроводжується зміною в спектрі поглинання на довжині хвилі 340 або 334 або 365 нм, при цьому зменшення оптичної щільності розчину прямо пропорційне активності АлАТ в дослідній пробі [54].

Активність аспартатамінотрансферази кінетичним методом, який базується на здатності АсАТ каталізувати перенос аміно-групи від L-аспартату до α -оксоглутарату в результаті чого утворюються оксалацетат та L-глутамат. Отриманий оксалацетат під час спряженої реакції, що каталізується малат-дегідрогеназою (MDH) в реакцію з NADH, в присутності іонів водню. Продуктами цієї реакції є L-малат та NAD⁺. Перетворення NADH в NAD⁺ супроводжується зміною в спектрі поглинання на довжині хвилі 340 або 334 або 365 нм, при цьому зменшення оптичної щільності розчину прямо пропорційне активності АсАТ в дослідній пробі [53].

Активність лактатдегідрогенази за методом Севела, Товарека, при якому L-лактат під дією ферменту сироватки крові в присутності НАД

(нікотинаденіндинуклеотид) у лужному середовищі окиснюється у піруват [27].

Активність гамма-глутамілтрансферазу за реакцією перенесення L- γ -глутамінового залишку із хромогенного субстрату на гліцилгліцин. При цьому звільняється п-нітроанілін, оптичну густина якого вимірюють фотометрично [27].

Активність альфа-амілази за кінетичним оптимізованим методом, який базується на тому, що під дією α -амілази синтетичний субстрат CNP-G3 гідролізується з утворенням вільного галогенізованого пара-нітрофенолу, що має максимум поглинання при довжині хвилі 405 нм, а виміряний за одиницю часу приріст оптичної щільності реакційної суміші прямо пропорційний активності α -амілази в дослідному зразку [55].

Активність лужної фосфатази визначали за методом Боданського, який базується на здатності лужної фосфатази з бетагліцерофосфатом розщеплювати субстрат з утворенням неорганічного фосфору [16].

Вміст неорганічного фосфору, за ванадат-фосфорно-молібдатним методом, при якому, фосфор в безбілковому фільтраті дає лимонно-жовтий колір з ванадат-молібденовим реактивом [16].

Концентрацію іонів Натрію, Калію і Хлору визначали автоматичним іоноселективним аналізатором «Easy Lyte Plus» (Na/K/Cl) (Medica, США).

Статистичні дослідження.

Отриманий цифровий матеріал статистично опрацьований за допомогою програми Statystika. Для порівняння досліджуваних показників та їх міжгрупових різниць використовували t-критерій Стюдента, а результат вважали вірогідним при $p < 0,05$.

Економічну ефективність впливу Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок на ПАГ гомеостаз у крові кнурів-плідників, свиноматок і поросят визначали, рахуючи кількість одержаного приплоду за різних варіантів: удосконаленого (дослідна група) та базового традиційного

(контрольна група).

Таким чином, економічна ефективність, одержана від згодовування цитрату Міді окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок свиням основного стада та ремонтним свинкам, було розраховано як вартість додатково отриманої продукції за рахунок підвищення відтворної здатності свиноматок. Річний економічний ефект обраховували за формулою [52]:

$$E = Ц \cdot \frac{С \cdot П}{100} \cdot Л \cdot К ,$$

де: Е – вартість додаткової основної продукції, грн.;

Ц – закупівельна ціна одиниці продукції, грн.;

С – середня продуктивність тварин базового варіанту;

П – середня прибавка основної продукції, що яка виражена у відсотках при застосуванні нового або поліпшеного варіантів порівняно з продуктивністю тварин базового варіанту, %;

Л – постійний коефіцієнт зменшення результату, що пов'язаний з додатковими витратами на прибуткову продукцію та дорівнює 0,75;

К – чисельність опоросів дослідної групи.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Особливості формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу та біохімічного складу в крові й спермі кнурів-плідників та їх взаємозв'язок з якістю спермопродукції за згодовування цитрату Міді.

3.1.1. Біохімічні показники й стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові кнурів-плідників.

Система кровообігу є провідною в організмі кнурів-плідників, яка забезпечує тісний взаємозв'язок між органами і тканинами та відображає зміни гомеостазу в їх біологічних системах. Аналіз біохімічного профілю крові цих тварин дозволяє визначити функціональний стан та інтенсивність процесів обміну, що головним чином визначаються ендогенними та екзогенними факторами.

Вміст загального білка сироватки крові кнурів-плідників змінювався залежно від кількості цитрату Міді в раціоні, коливаючись від 77,8 до 82,3 г/л (табл. 3.1.). У тварин, яким згодовували Мідь у формі цитрату в кількості 10 % більше норми встановлено збільшення даного показника протягом споживання мінеральної добавки з досягненням максимальних значень на 45-ту добу основного періоду ($p < 0,05$), що вище контрольної і II дослідної групи відповідно на 7,5 % і 5,1 %. У кнурів-плідників, які додатково отримували Мідь у формі цитрату в кількості 20 %, відмічалось збільшення вмісту загального білка на 30-ту добу основного періоду, проте подальше згодовування цієї дози мікроелементу призводило до незначного зниження білкових фракцій.

Вірогідних змін у кількості альбуміну не було встановлено в жодній групі тварин, проте по закінченню основного періоду максимальний рівень даних білків був у кнурів-плідників, які споживали Мідь у формі цитрату, на 10 % вище за норму, а перевага над контрольною і II дослідною групами становила

5,5 % та 7,5 % відповідно. Дана різниця відмічалася на фоні зниження альбумінів у крові інтактних та дослідних тварин у цей період експерименту.

Таблиця 3.1

**Біохімічні показники в крові кнурів-плідників за
згодовування цитрату Міді, ($\bar{x} \pm SE$, $n=3$)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30-та доба	45-та доба	
Загальний білок, г/л	К	80,51 $\pm$ 2,01	78,33 $\pm$ 2,42	76,62 $\pm$ 1,97	78,72 $\pm$ 1,41
	I	76,82 $\pm$ 1,03	79,56 $\pm$ 1,77	82,34 $\pm$ 0,57*	80,24 $\pm$ 1,69
	II	77,23 $\pm$ 0,67	81,27 $\pm$ 1,03	78,31 $\pm$ 1,99	81,65 $\pm$ 1,55
Альбуміни, г/л	К	32,29 $\pm$ 1,19	34,46 $\pm$ 1,05	31,52 $\pm$ 0,92	32,77 $\pm$ 0,73
	I	31,16 $\pm$ 1,63	34,33 $\pm$ 0,57	33,26 $\pm$ 0,21	29,91 $\pm$ 0,89
	II	33,83 $\pm$ 1,26	32,55 $\pm$ 1,33	30,95 $\pm$ 1,17	32,49 $\pm$ 0,94
Глобуліни, г/л	К	48,22 $\pm$ 1,21	43,88 $\pm$ 1,43	45,10 $\pm$ 1,73	45,26 $\pm$ 1,67
	I	45,66 $\pm$ 0,61	45,23 $\pm$ 1,42	49,08 $\pm$ 1,52	50,32 $\pm$ 2,58
	II	43,40 $\pm$ 1,29	48,72 $\pm$ 0,32*	47,36 $\pm$ 1,93	49,16 $\pm$ 1,79
Креатинін, ммоль/л	К	152,48 $\pm$ 3,26	169,25 $\pm$ 3,95	156,22 $\pm$ 4,28	130,36 $\pm$ 3,76
	I	141,19 $\pm$ 2,93	153,75 $\pm$ 3,34	148,24 $\pm$ 2,69	146,73 $\pm$ 2,42°
	II	150,22 $\pm$ 2,85	160,78 $\pm$ 2,45	140,72 $\pm$ 3,45°	149,72 $\pm$ 1,39°
Сечовина, ммоль/л	К	4,67 $\pm$ 0,40	4,52 $\pm$ 0,29	4,75 $\pm$ 0,14	4,84 $\pm$ 0,12
	I	4,26 $\pm$ 0,24	4,41 $\pm$ 0,10	4,14 $\pm$ 0,25	4,45 $\pm$ 0,21
	II	4,82 $\pm$ 0,26	5,41 $\pm$ 0,28	4,39 $\pm$ 0,16	4,88 $\pm$ 0,17
Глюкоза, ммоль/л	К	2,93 $\pm$ 0,19	2,82 $\pm$ 0,19	3,45 $\pm$ 0,17	3,34 $\pm$ 0,13
	I	3,15 $\pm$ 0,20	3,00 $\pm$ 0,07	3,80 $\pm$ 0,17	2,94 $\pm$ 0,20
	II	3,29 $\pm$ 0,18	3,72 $\pm$ 0,21°•	3,66 $\pm$ 0,06	2,84 $\pm$ 0,18
Холестерин, ммоль/л	К	2,38 $\pm$ 0,24	2,14 $\pm$ 0,19	2,41 $\pm$ 0,19	2,06 $\pm$ 0,13
	I	2,49 $\pm$ 0,30	2,78 $\pm$ 0,25	2,11 $\pm$ 0,15	1,85 $\pm$ 0,19
	II	2,65 $\pm$ 0,13	2,26 $\pm$ 0,11	1,98 $\pm$ 0,10*	1,92 $\pm$ 0,11*
Тригліцериди ммоль/л	К	0,574 $\pm$ 0,026	0,482 $\pm$ 0,025	0,454 $\pm$ 0,028	0,508 $\pm$ 0,033
	I	0,557 $\pm$ 0,015	0,461 $\pm$ 0,024*	0,427 $\pm$ 0,011**	0,489 $\pm$ 0,019
	II	0,639 $\pm$ 0,023	0,412 $\pm$ 0,008**	0,405 $\pm$ 0,009**	0,465 $\pm$ 0,024*
Білірубін загальний, мкмоль/л	К	4,23 $\pm$ 0,32	4,00 $\pm$ 0,19	4,39 $\pm$ 0,31	4,46 $\pm$ 0,30
	I	4,14 $\pm$ 0,17	4,61 $\pm$ 0,21	4,16 $\pm$ 0,12	4,02 $\pm$ 0,11
	II	4,35 $\pm$ 0,15	5,11 $\pm$ 0,14*°	5,26 $\pm$ 0,07*••	5,11 $\pm$ 0,07*••

Примітка: * - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p < 0,05$ – порівняно з контрольною групою; • - $p < 0,05$, •• - $p < 0,01$ – порівняно з I дослідною групою.

В цій і наступних таблицях: К – контрольна група, I – I дослідна група, II – II дослідна група.

Позитивний ефект від додавання до раціону Міді у формі цитрату в кількості 20 % більше норми на вміст глобуліну відмічався після першого місяця згодовування та становив на 12,3 % ($p < 0,05$) більше ніж в підготовчий період. Подальше споживання тваринами різних доз даного мікроелементу сприяло збільшенню вмісту глобуліну в крові в межах 5–10 % на кінець

заключного періоду та після припинення згодовування мінеральної добавки порівняно із інтактними тваринами.

Встановлено, що використання Міді у формі цитрату на 10 % і 20 % понад норму не мало негативного впливу на роботу міоцитів, що підтверджується сталим вмістом креатиніну в межах фізіологічної норми в дослідних групах тварин. У кнурів-плідників, які споживали 10 % Міді у формі цитрату відмічався більший вміст креатиніну на 8,9 % (30- та доба) і 4,9 % (45-та доба) відносно підготовчого періоду, однак рівень даного метаболіту був нижчим ніж у інтактних тварин. У самців, в раціоні яких кількість Міді у формі цитрату становила на 20 % більше норми, вміст креатиніну знижувався на 45-ту добу згодовування, що менше відносно контрольної групи на 9,9 % ($p < 0,05$). Проте по закінченню заключного періоду інтактні тварини мали нижчий рівень креатиніну ($p < 0,05$) відносно обох дослідних груп.

Вміст сечовини не мав істотних змін при згодовуванні Міді у формі цитрату на 10 % більше норми, тоді як доза цього мікроелементу у кількості 20 % призводила до збільшення даного показника на 12,2 % (30-та доба), що вище відносно контрольної і I дослідної групи на 19,7 % і 22,7 % ($p < 0,05$) відповідно. По закінченню основного й заключного періодів вірогідної міжгрупової різниці не встановлено, однак мінімальні показники мали тварини I дослідної групи.

Споживання кнурами-плідниками Міді у формі цитрату на 10 % вище за норму сприяло збільшенню вмісту глюкози в крові на 45-ту добу основного періоду, проте при додаванні до раціону 20 % мінеральної добавки, даний ефект відмічався вже після першого місяця споживання ($p < 0,05$). Після припинення вживання Міді у формі цитрату в крові тварин I і II дослідних груп встановлено зниження концентрації глюкози, що було нижче порівнянно з контрольною групою відповідно на 11,9 % і 14,9 %.

Згодовування різних доз Міді у формі цитрату не завдавало негативного впливу на ліпідний обмін в організмі самців дослідних груп. Це підтверджується встановленим коливанням вмісту холестерину в кнурів-

плідників протягом експерименту в межах норми (від 1,85 до 2,78 ммоль/л). При цьому у тварин I і II дослідних груп, після 45-ти денного споживання мінеральної добавки встановлено зниження вмісту холестерину відповідно на 15,3 % і 25,3 % ($p < 0,05$) відносно підготовчого періоду, що порівняно з контрольною групою нижче на 12,4 % і 17,8 %. Зниження даного показника в дослідних тварин відмічалось й по закінченню заключного періоду ($p < 0,05$).

На 30-ту і 45-ту доби основного періоду експерименту рівень тригліцеридів знижувався як у інтактних, так і в дослідних групах тварин. Проте по закінченню основного періоду вміст даних речовин у крові кнурів-плідників I і II дослідних груп максимально знижувався та становив на 23,3 % ($p < 0,01$) і 36,6 % ($p < 0,01$) менше ніж в підготовчий період, що порівняно з контрольною групою нижче на 5,9 % і 10,8 % відповідно.

Максимальне значення загального білірубіну було встановлено в крові кнурів-плідників, які споживали Мідь у формі цитрату на 20 % більше норми. Так у тварин II дослідної групи на 30-ту і 45-ту добу згодовування мінеральної добавки вміст білірубіну був на 17,5 % ($p < 0,05$) і 20,9 % ($p < 0,05$) більший ніж на початку експерименту, що порівняно з іншими групами вище в межах 1,1-1,2 рази ($p < 0,05$ - $p < 0,01$). Подібна тенденція була встановлена й на кінець заключного періоду.

Ензими є біокаталізаторами селективної дії, тому є провідними маркерами функціонування окремих органів організму та відображають глибину дії екзогенних факторів, що проявляється у зміні їх активності. У тварин, які споживали Мідь у формі цитрату в кількості 10 % більше норми підвищення активності ЛФ відмічалось вже після першого місяця згодовування, та максимальних значень становила на кінець основного і заключного періодів ($p < 0,05$ - $p < 0,01$), що вище порівняно з контрольною та II дослідною групою відповідно на 24,2 % ($p < 0,05$) і 25,5 % ($p < 0,05$) та 21,8 % ($p < 0,01$) і 13,6 % (табл. 3.2.). Кнури-плідники, які додатково отримували до раціону 20 % Міді у формі цитрату, мали найнижчий рівень цього ензиму протягом основного періоду. Встановлені особливості впливу згодовування

різних концентрацій Міді на активність ЛФ, вказують на деякі зміни перебігу процесів, пов'язаних із Фосфорно-Кальцієвим обміном в організмі.

Таблиця 3.2

**Активність ензимів у крові кнурів-плідників
за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x} \pm SE$, $n=3$)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заклучний
			30-та доба	45-та доба	
Лужна фосфатаза, Мо/л	К	57,44 $\pm$ 2,49	56,59 $\pm$ 1,45	55,24 $\pm$ 1,33	58,15 $\pm$ 1,04
	I	50,75 $\pm$ 2,13	53,22 $\pm$ 1,41	68,61 $\pm$ 2,46*°	70,84 $\pm$ 2,14**°°
	II	56,39 $\pm$ 1,84	48,26 $\pm$ 1,55*°	54,65 $\pm$ 2,04•	62,35 $\pm$ 2,49
Аланінаміно-трансфераза, Мо/л	К	21,24 $\pm$ 1,29	24,27 $\pm$ 1,99	25,33 $\pm$ 1,56	23,46 $\pm$ 1,64
	I	25,13 $\pm$ 0,97	22,35 $\pm$ 1,07	26,52 $\pm$ 1,36	26,37 $\pm$ 1,86
	II	23,66 $\pm$ 1,06	28,56 $\pm$ 1,68	31,08 $\pm$ 1,32*	28,13 $\pm$ 1,89
Аспартатаміно-трансфераза, Мо/л	К	30,81 $\pm$ 2,34	28,69 $\pm$ 1,55	28,14 $\pm$ 1,44	29,16 $\pm$ 1,45
	I	32,68 $\pm$ 1,65	35,47 $\pm$ 1,09°	28,19 $\pm$ 1,47	30,68 $\pm$ 1,96
	II	29,31 $\pm$ 1,35	25,77 $\pm$ 1,03••	23,59 $\pm$ 1,35	27,90 $\pm$ 0,92
Лактат-дегідрогеназа, Мо/л	К	508,63 $\pm$ 23,37	545,72 $\pm$ 27,98	558,64 $\pm$ 38,34	565,34 $\pm$ 39,81
	I	572,31 $\pm$ 20,49	513,74 $\pm$ 13,12	539,37 $\pm$ 18,18	628,10 $\pm$ 17,76
	II	484,59 $\pm$ 21,51	585,10 $\pm$ 27,01	342,33 $\pm$ 18,00*°••	690,26 $\pm$ 33,61*
Гамма-глутаміл-трансфераза, Мо/л	К	17,61 $\pm$ 1,16	17,29 $\pm$ 0,99	16,01 $\pm$ 1,32	18,65 $\pm$ 1,16
	I	16,06 $\pm$ 0,86	20,17 $\pm$ 1,06	14,68 $\pm$ 0,95	20,82 $\pm$ 1,86
	II	15,47 $\pm$ 0,79	15,68 $\pm$ 0,47	18,88 $\pm$ 1,07	21,08 $\pm$ 1,41*
Альфа-амілаза, Мо/л	К	47,25 $\pm$ 1,83	49,80 $\pm$ 1,58	50,42 $\pm$ 1,45	46,35 $\pm$ 1,84
	I	45,47 $\pm$ 1,43	48,65 $\pm$ 1,13	46,69 $\pm$ 1,79	49,23 $\pm$ 1,57
	II	55,34 $\pm$ 2,18	53,15 $\pm$ 1,95	49,16 $\pm$ 1,09	47,21 $\pm$ 0,83*

Примітка: * - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p < 0,05$, °° - $p < 0,01$ – порівняно з контрольною групою; • - $p < 0,05$, •• - $p < 0,01$ – порівняно з I дослідною групою.

Встановлені зміни активності АЛТ і АСТ в крові кнурів-плідників вказують на особливості впливу згодовуваних різних доз Міді на функціональний стан печінки, що пов'язаний із амінокислотним обміном. Зокрема, у тварин контрольної та I дослідної груп активність АЛТ була лабільною протягом досліду, та не мала суттєвої різниці між періодами експерименту. Кнури-плідники, які споживали Мідь у формі цитрату на 20 % більше норми, мали вищий рівень даного ензиму на 30-ту і 45-ту доби згодовування відповідно на 20,7 % і 31,4 % ($p < 0,05$) відносно підготовчого періоду. Активність АСТ збільшувалась у крові кнурів-плідників I дослідної групи протягом першого місяця основного періоду та переважала інтактну групу на 23,6 % ($p < 0,05$). Однак, подальше згодовування мінеральної добавки не мало вірогідного впливу на рівень даного ензиму. У тварин II дослідної

групи активність АСТ знижувалась вже на 30-ту добу споживання цитрату Міді, що було нижче порівняно з контрольною і І дослідною групами на 10,2 % і 27,3 % ($p < 0,01$) відповідно. Тенденція до зниження цього ензиму в крові самців ІІ дослідної групи зберігалася й по закінченню основного й заключного періодів. Встановлені особливості впливу Міді на активність АСТ підтверджує дію даного елементу на функціональний стан гепатоцитів.

У кнурів-плідників, які споживали основний раціон, та в тих, які додатково отримували 10 % Міді у формі цитрату, істотного коливання рівня ЛДГ не спостерігалось. Проте встановлено зниження активності даного ензиму у тварин ІІ дослідної групи на 45-ту добу основного періоду ($p < 0,05$), що порівняно з інтактною та І дослідною групами було нижче на 38,7 % ($p < 0,05$) і 36,5 % ($p < 0,01$) відповідно. У заключний період, після припинення згодовування мінеральної добавки, у самців ІІ дослідної групи відмічалось переважання активності цього ензиму на 22,1 % відносно інтактних тварин. Зміни рівня ЛДГ, імовірно обумовлені різницею метаболізму глюкози при споживанні тваринами різних доз цитрату Міді.

Активність ГГТ в крові кнурів-плідників дослідних груп змінювалась залежно від дози цитрату Міді в раціоні та тривалості згодовування. Так, у тварин І дослідної групи, рівень даного ензиму збільшувався на 30-ту добу згодовування Міді у формі цитрату. У самців ІІ дослідної групи підвищення активності ГГТ відмічається лише на кінець основного періоду.

При згодовуванні Міді у формі цитрату на 10 % більше норми, у крові тварин не встановлено вірогідних змін активності альфа-амілази. Але, додаткове введення цього мікроелементу в кількості 20 % призводить до зниження рівня даного ензиму, починаючи з 30-ї доби основного періоду, з досягненням максимальних значень по закінченню заключного періоду ($p < 0,05$). Необхідно відмітити, що активність альфа-амілази в крові кнурів-плідників дослідних груп була в межах фізіологічної норми. Це свідчить про те, що вживання кнурами-плідниками цитрату Міді в різних кількостях не

мало токсичний вплив на роботу підшлункової залози та не порушувало процеси травлення.

У проведених дослідженнях щодо згодовування цитрату Міді кнурам-плідникам відмічено зміни вмісту мінеральних речовин у крові залежно від дози мінеральної добавки (табл.3.3.).

Таблиця 3.3

**Вміст макроелементів у крові кнурів-плідників
за згодовування цитрату Міді , ($\bar{x} \pm SE$, $n=3$)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30-та доба	45-та доба	
Неорганічний фосфор, ммоль/л	К	1,75 $\pm$ 0,19	1,61 $\pm$ 0,15	1,84 $\pm$ 0,09	1,82 $\pm$ 0,09
	I	1,93 $\pm$ 0,14	1,71 $\pm$ 0,17	1,56 $\pm$ 0,10	1,51 $\pm$ 0,04°
	II	2,07 $\pm$ 0,21	1,51 $\pm$ 0,27	1,99 $\pm$ 0,26	1,63 $\pm$ 0,19
Калій, ммоль/л	К	4,54 $\pm$ 0,27	4,22 $\pm$ 0,29	4,63 $\pm$ 0,27	4,25 $\pm$ 0,24
	I	4,27 $\pm$ 0,12	4,11 $\pm$ 0,14	4,36 $\pm$ 0,16	4,83 $\pm$ 0,13
	II	4,16 $\pm$ 0,28	4,39 $\pm$ 0,16	4,04 $\pm$ 0,17	4,38 $\pm$ 0,19
Натрій, ммоль/л	К	147,66 $\pm$ 5,44	143,45 $\pm$ 5,23	139,31 $\pm$ 5,69	143,51 $\pm$ 6,15
	I	143,63 $\pm$ 3,04	133,35 $\pm$ 3,47	130,66 $\pm$ 4,50	132,64 $\pm$ 2,67
	II	142,74 $\pm$ 4,87	138,83 $\pm$ 4,71	148,58 $\pm$ 1,95•	148,84 $\pm$ 1,67•
Хлор, ммоль/л	К	137,75 $\pm$ 8,16	140,67 $\pm$ 7,20	135,40 $\pm$ 6,27	141,53 $\pm$ 5,07
	I	131,93 $\pm$ 4,11	136,06 $\pm$ 3,61	143,74 $\pm$ 4,07	148,36 $\pm$ 4,04
	II	130,13 $\pm$ 5,78	148,26 $\pm$ 4,91	128,19 $\pm$ 5,09	133,19 $\pm$ 4,89

Примітка: ° - $p < 0,05$ – порівняно з контрольною групою; • - $p < 0,05$ – порівняно з I дослідною групою;

У крові кнурів-плідників, які додатково отримували 10 % Міді у формі цитрату, вміст неорганічного Фосфору знижувався вже на 30-ту добу споживання, а подальше її згодовування призводило до зменшення кількості даного макроелементу на кінець основного і заключного періодів, що нижче відносно контрольної групи на 15,2 % і 17,0 % ($p < 0,05$) відповідно. У тварин, які споживали максимальний рівень мінеральної добавки, встановлено коливання вмісту неорганічного Фосфору в період згодовування, проте в заключний період найвищий вміст цього елементу відмічався у тварин контрольної групи.

Виявлено, що в кнурів-плідників, які споживали Мідь у формі цитрату на 10 % більше норми виявлено збільшення кількості Калію в крові на кінець основного періоду. Дана тенденція зберігається й після переведення тварин на

основний раціон. У тварин інших груп не встановлено істотних змін вмісту даного макроелементу. Рівень Натрію в крові тварин I дослідної групи знижувався вже після першого місяця згодовування Міді у формі цитрату та продовжував спадати до кінця експерименту. У тварин II дослідної групи переважання даного показника порівняно з I дослідною групою спостерігалось по закінченню основного і заключного періодів відповідно на 13,7 % ($p<0,05$) і 12,2 % ($p<0,05$). Вірогідної різниці змін рівня Хлору в крові тварин всіх груп не було встановлено, проте на кінець основного й заключного періодів спостерігали тенденцію до збільшення його кількості в кнурів-плідників I дослідної групи на 8,9 % і 12,5 %, що вище відносно II дослідної групи на 12,1 % і 11,4 % відповідно.

При реакційній дії вільних радикалів Оксигену відмічається посилене окиснення ліпідів – структурних компонентів клітинної мембрани, з інтенсивним утворенням первинних продуктів пероксидації, головним чином – ДК. У кнурів-плідників, яким згодовували Мідь у формі цитрату в кількості 10 % вище за норму, на 30-ту добу основного періоду було встановлено незначне зниження концентрації ДК у крові, проте на 45-ту добу спостерігалось збільшення даного метаболіту відносно підготовчого періоду на 15,7 %, що вище інтактних тварин на 13,3 % (табл.3.4.).

Таблиця 3.4.

Інтенсивність процесів пероксидації у крові кнурів-плідників за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x} \pm SE$, $n=3$)

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заклучний
			30 доба	45 доба	
Дієнові кон'югати, мкмоль/л	K	2,43 $\pm$ 0,13	2,56 $\pm$ 0,11	2,40 $\pm$ 0,09	2,27 $\pm$ 0,15
	I	2,35 $\pm$ 0,20	2,11 $\pm$ 0,19	2,72 $\pm$ 0,16	2,40 $\pm$ 0,21
	II	2,51 $\pm$ 0,15	3,20 $\pm$ 0,14*	2,96 $\pm$ 0,22	2,70 $\pm$ 0,18
ТБК-активні сполуки до інкубування, мкмоль/л	K	14,81 $\pm$ 1,68	17,73 $\pm$ 1,49	15,43 $\pm$ 1,88	18,32 $\pm$ 2,42
	I	16,31 $\pm$ 1,49	19,38 $\pm$ 1,66	23,38 $\pm$ 2,26	23,09 $\pm$ 2,76
	II	15,58 $\pm$ 1,86	22,38 $\pm$ 2,11	24,87 $\pm$ 1,51°	29,83 $\pm$ 2,20*°
ТБК-активні сполуки після інкубування, мкмоль/л	K	22,28 $\pm$ 2,88	26,17 $\pm$ 2,32	23,13 $\pm$ 1,97	24,11 $\pm$ 2,91
	I	25,92 $\pm$ 2,55	29,25 $\pm$ 2,69	26,56 $\pm$ 2,47	26,31 $\pm$ 3,85
	II	24,01 $\pm$ 2,24	38,66 $\pm$ 1,89*°	28,44 $\pm$ 1,39	27,49 $\pm$ 2,11

Примітка: * - $p<0,05$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p<0,05$ - порівняно з контрольною групою; •- порівняно з I дослідною групою.

Самці, які додатково отримували мінеральну добавку в кількості 20 %, характеризувались вищою концентрацією ДК у цій тканині протягом всього експерименту, з максимальною перевагою над іншими групами після першого місяця згодовування: на 25,0 % контрольна і 51,7 % ($p < 0,05$) І дослідна.

Провідним індикатором подальшої окисної деструкції клітинних мембран є рівень накопичення малонового діальдегіду. Реакція даного альдегіду з тіобарбітуровою кислотою, дозволяє використовувати вміст ТБК-активних сполук, як головного біомаркера при визначенні інтенсивності протікання пероксидації. Встановлено, що в крові кнурів-плідників, яким згодовували Мідь у формі цитрату на 10 % і 20 % більше норми, концентрація ТБК-активних сполук підвищувалася вже з першого місяця основного періоду, з поступовим збільшенням до кінця експерименту, де у тварин І і II дослідних груп рівень цього метаболіту переважав контрольну групу відповідно на 26,0 % і 62,8 % ($p < 0,05$).

При інкубуванні зразків сироватки крові на 30-ту добу основного періоду в прооксидантному буфері рівень ТБК-активних сполук зростав на 47,6 % в інтактної групи, на 50,9 % у І дослідної групи та на 72,7 % у II дослідної групи. Проте на кінець основного періоду у тварин, які споживали різні дози цитрату Міді, вміст цього метаболіту збільшувався лише на 13,6 % (І дослідна група) і 14,4 % (II дослідна група), тоді як у тварин контрольної групи на 49,9 %. Необхідно відмітити, що в самців, яким згодовували мінеральну добавку (Мідь у формі цитрату) на 20 % більше норми, по закінченню експерименту вміст ТБК-активних сполук після інкубування зразків крові знижувався на 7,8 %, що свідчить про значне виснаження антиоксидантної системи.

При дослідженні активності СОД – ензиму, який забезпечує дисмутацію супероксиданіон радикалів, встановлені зміни його рівня залежно від кількості Міді в раціоні. У кнурів-плідників контрольної групи рівень СОД у крові протягом експерименту становив в межах 0,241–0,263 у.о./мл, тоді як у дослідних групах коливався від 0,182 до 0,291 у.о./мл (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

**Стан системи антиоксидантного захисту в крові кнурів-плідників
за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x} \pm SE$, $n=3$)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Супероксиддисмутаза, у.о./мл	К	0,262 $\pm$ 0,030	0,250 $\pm$ 0,026	0,241 $\pm$ 0,022	0,263 $\pm$ 0,026
	I	0,241 $\pm$ 0,022	0,284 $\pm$ 0,026	0,235 $\pm$ 0,013	0,255 $\pm$ 0,021
	II	0,230 $\pm$ 0,023	0,182 $\pm$ 0,019	0,291 $\pm$ 0,028	0,223 $\pm$ 0,018
Каталаза, H ₂ O ₂ /хв./л	К	146,31 $\pm$ 9,44	160,06 $\pm$ 12,22	145,96 $\pm$ 8,99	134,86 $\pm$ 11,10
	I	151,93 $\pm$ 15,87	153,15 $\pm$ 14,17	131,59 $\pm$ 12,79	147,98 $\pm$ 10,59
	II	136,51 $\pm$ 5,12	178,27 $\pm$ 22,69	196,83 $\pm$ 10,63*°•	162,15 $\pm$ 17,65
Відновлений глутатіон, мкмоль/л	К	0,231 $\pm$ 0,023	0,220 $\pm$ 0,025	0,241 $\pm$ 0,019	0,221 $\pm$ 0,020
	I	0,214 $\pm$ 0,028	0,251 $\pm$ 0,022	0,287 $\pm$ 0,038	0,256 $\pm$ 0,029
	II	0,243 $\pm$ 0,028	0,216 $\pm$ 0,021	0,202 $\pm$ 0,034	0,230 $\pm$ 0,033
Аскорбінова кислота, мкмоль/л	К	6,04 $\pm$ 0,52	7,21 $\pm$ 0,75	6,87 $\pm$ 0,97	7,75 $\pm$ 0,76
	I	7,08 $\pm$ 0,61	8,56 $\pm$ 0,71	6,48 $\pm$ 0,84	8,53 $\pm$ 0,79
	II	6,38 $\pm$ 0,69	5,33 $\pm$ 0,74	7,39 $\pm$ 0,79	6,80 $\pm$ 0,97
Дегідроаскорбінова кислота, мкмоль/л	К	7,55 $\pm$ 0,55	8,66 $\pm$ 0,51	9,36 $\pm$ 0,77	8,27 $\pm$ 0,81
	I	8,05 $\pm$ 0,84	10,15 $\pm$ 1,03	12,22 $\pm$ 1,24	9,08 $\pm$ 1,16
	II	6,82 $\pm$ 1,01	11,86 $\pm$ 1,72	13,47 $\pm$ 1,42*	9,29 $\pm$ 1,12

Примітка: * - $p < 0,05$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p < 0,05$ - порівняно з контрольною групою; • - порівняно з I дослідною групою.

У тварин I дослідної групи на 30-ту добу основного періоду було відмічено максимальну активність СОД у даній тканині, що відносно контрольної і II дослідної груп вище на 13,6 % і 35,9 %, з подальшим незначним зниженням. Рівень досліджуваного ензиму у крові самців II дослідної групи дещо знижувався після першого місяця вживання мінеральної добавки з послідовним зростанням до найвищих показників на 45-ту добу.

Згодовування Міді у формі цитрату на 10 % вище за норму сприяло зниженню активності КТ по закінченні 45-ї доби експерименту на 13,4 %, що було нижче відносно контрольної групи на 9,8 %. Необхідно відмітити, що в цей період, у кнурів-плідників, які додатково споживали даний мікроелемент в кількості 20 %, відмічалось підвищення рівня КТ на 31,9 % ($p < 0,05$), а перевага над іншими групами становила - 23,4 % (контрольна група) і 36,9 % (I дослідна група).

Додавання до основного раціону Міді у формі цитрату на 10 % більше норми сприяло збільшенню вмісту відновленого глутатіону 30-ту і 45-ту доби основного періоду відповідно на 17,3 % і 34,1 %, що вище відносно контрольної на 14,1 % і 13,9 % і I дослідної груп на 19,1 % і 29,6 %. У кнурів-плідників, яким згодовували даний мікроелемент на 20 % вище за норму було встановлено інтенсивне використання цього антиоксиданту, про що свідчить зниження кількості відновленого глутатіону після першого місяця згодовування на 11,1 % і по закінченню основного періоду на 16,9 %. При цьому, в заключний період у тварин I дослідної відмічалось зменшення досліджуваного тіолу, тоді як у II дослідної груп – збільшення.

У кнурів-плідників I дослідної групи виявлено збільшення кількості (30- та доба) АК на 20,9 % відносно підготовчого періоду, тоді як у тварин II дослідної групи даний показник знижувався на 16,5 %, що було нижче відносно контрольної і I дослідної груп відповідно на 26,1 % і 37,7 %. При подальшому споживанні мінеральної добавки відмічався протилежний ефект: у самців, яким додатково згодовували 10 % Міді у формі цитрату, встановлено зменшення кількості АК на 24,3 %, проте при згодовуванні даного мікроелементу на 20 % більше норми, спостерігалось збільшення вмісту аскорбату на 38,6 % відносно першого місяця вживання Міді у формі цитрату.

Використання організмом кнурів-плідників АК, як антиоксиданту, супроводжувалось окисленням аскорбату до ДАК. Вміст ДАК у крові кнурів-плідників інтактних та дослідних груп збільшувався протягом основного періоду, проте у тварин, які додатково отримували Мідь у формі цитрату на 10 % і 20 % більше норми, даний показник перевищував контрольну групу відповідно на 17,2 % і 36,9 % (30-та доба) та 30,6 % і 43,9 % (45-та доба).

На 30-ту добу вживання максимальної кількості мінеральної добавки були встановлені істотні кореляційні взаємозв'язки між компонентами ПАГ у крові кнурів-плідників, а саме: ДК і СОД ($r = -0,90$), ДК і КТ ($r = -0,78$), ДК і відновленим глутатіоном ($r = -0,92$), ДК і АК ($r = -0,96$). У крові кнурів-плідників, які отримували найменшу кількість мінеральної добавки протягом

45-ти діб відмічено найбільш міцні взаємозв'язки між ДК і СОД ($r = -0,94$), ТБК-активними сполуками і СОД ($r = -0,99$), ТБК-активними сполуками і АК ($r = -0,99$), ТБК-активними сполуками і ДАК ($r = -0,83$). При цьому в спермі цих тварин було встановлено зменшення сили взаємозв'язків між ДК і СОД ($r = -0,34$), ТБК-активними сполуками і СОД ($r = -0,33$), ТБК-активними сполуками і АК ($r = 0,55$), ТБК-активними сполуками і ДК ($r = 0,37$).

3.1.2. Біохімічні показники й стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в спермі кнурів-плідників.

Інтенсивність біохімічних процесів, зокрема стан ПАГ у спермі кнурів-плідників під час життєдіяльності сперматозоїдів, визначає їх виживаність та запліднюючу здатність. Встановлено, що згодовування різних доз цитрату Міді призводило до змін інтенсивності процесів пероксидації у цьому секреті (табл. 3.6).

Таблиця 3.6.

Інтенсивність процесів пероксидації в спермі кнурів-плідників за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x} \pm SE$)

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий, (n=24)	основний		заключний, (n=24)
			30 доба, (n=24)	45 доба, (n=12)	
Дієнові кон'югати, мкмоль/л	К	1,72±0,21	1,58±0,27	1,40±0,35	1,63±0,29
	I	1,73±0,23	1,94±0,33	1,53±0,26	1,35±0,24
	II	1,46±0,22	1,74±0,31	2,29±0,45	2,19±0,21*••
ТБК-активні сполуки до інкубування мкмоль/л	К	26,46±3,41	22,07±3,21	25,17±3,36	21,40±3,21
	I	24,42±2,24	30,05±4,07	29,80±4,04	26,91±2,66
	II	21,47±3,14	26,68±3,68	30,64±4,12*	23,33±3,50
ТБК-активні сполуки після інкубування мкмоль/л	К	36,86±3,70	28,44±3,43	32,41±3,71	33,20±4,09
	I	32,25±2,91	31,42±4,05	31,75±4,02	28,24±2,72
	II	30,87±3,37	28,27±3,71	32,68±4,16	29,97±3,78

Примітка: * - $p < 0,05$ – порівняно з підготовчим періодом; •• - $p < 0,001$ – порівняно з I дослідною групою.

Після першого місяця згодовування Міді у формі цитрату в кількості 10 % вище за норму в самців відмічалось збільшення вмісту ДК у спермі на 12,1 %, проте подальше введення цього елемента до раціону сприяло зниженню

концентрації первинних продуктів пероксидного окиснення на 11,5 % відносно початку експерименту.

У досліджуваних зразках сперми тварин, які додатково отримували мінеральну добавку в кількості 20 % більше норми відмічалася прискорення процесів пероксидації, про що свідчить збільшення концентрації ДК протягом усього дослідження, а перевага над контрольною і І дослідною групою по закінченню основного і заключного періодів становила відповідно на 63,6 % і 49,7 % та на 34,4 % і 63,4 % ($p < 0,001$). Зміни концентрації ДК уже після першого місяця згодовування Міді у формі цитрату свідчать про дію цього мікроелементу як прооксиданта при надмірній концентрації.

На 30-ту і 45-ту доби основного періоду у спермі кнурів-плідників, яким згодовували цитрат Міді, спостерігалася збільшення вмісту ТБК-активних сполук ($p < 0,05$). При цьому необхідно відмітити, що після інкубування зразків сперми самців дослідних груп у період згодовування цитрату Міді, у прооксидантному буфері відбувалося підвищення концентрації цього метаболіту й становило в межах 4–6 %, тоді як у інтактних тварин на 28,0 %. Це свідчить про виснаження системи АОЗ у секреті кнурів-плідників при споживанні різних доз Міді. Після переведення дослідних тварин на основний раціон відмічалася зниження вмісту вторинних продуктів пероксидації, з одночасним підвищенням їх концентрації після інкубування.

Інтенсивність ПОЛ значною мірою обумовлена станом системи АОЗ, яка представлена ензимною та низькомолекулярною ланками. Встановлена залежність активності антиоксидантних ензимів від кількості цитрату Міді в раціоні. Так, виявлено збільшення активності СОД, однак відмічалася тенденція щодо зниження КТ (табл. 3.7). Згодовування Міді у формі цитрату в кількості 10 % більше норми протягом 45-ти діб сприяло підвищенню активності СОД у спермі в 1,8 разів ($p < 0,05$) відносно підготовчого періоду. Найвищий рівень цього ензиму в досліджуваному секреті було встановлено в кнурів-плідників II дослідної групи на 30-ту добу основного періоду, що вище порівняно з контрольною та I дослідною групами в 1,7 разів ($p < 0,01$) та

1,9 разів ($p<0,001$) відповідно. Проте дана міжгрупова різниця відмічалася на фоні зниження рівня СОД у самців інтактної та І дослідної груп. Протягом основного періоду дослідження було встановлено зниження активності КТ у всіх групах тварин, однак додавання до раціону Міді у формі цитрату на 10 % і 20 % вище за норму призводило до істотного зниження рівня даного ензиму на 45-ту добу експерименту на 43,5 % ($p<0,05$) і 29,7 % відповідно, що нижче порівняно з інтактними тваринами на 27,6 % і 20,8 %.

Таблиця 3.7.

**Активність ензимних антиоксидантів у спермі кнурів-плідників
за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x}\pm SE$)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий, (n=24)	основний		заключний, (n=24)
			30 доба, (n=24)	45 доба, (n=12)	
Супероксидисмутаза, у.о./мл	К	0,371 $\pm$ 0,044	0,313 $\pm$ 0,027	0,410 $\pm$ 0,046	0,354 $\pm$ 0,038
	І	0,284 $\pm$ 0,039	0,264 $\pm$ 0,029	0,513 $\pm$ 0,083*	0,418 $\pm$ 0,080
	ІІ	0,444 $\pm$ 0,046	0,526 $\pm$ 0,053 ^{°°} ***	0,529 $\pm$ 0,114	0,503 $\pm$ 0,089
Каталаза, H ₂ O ₂ /хв./л	К	27,85 $\pm$ 3,40	23,99 $\pm$ 4,07	19,6 $\pm$ 4,26	19,20 $\pm$ 2,66
	І	25,11 $\pm$ 3,83	23,23 $\pm$ 3,54	14,18 $\pm$ 2,16*	21,69 $\pm$ 2,69
	ІІ	22,33 $\pm$ 3,62	24,05 $\pm$ 3,86	15,68 $\pm$ 2,12	21,87 $\pm$ 2,68

Примітка: * - $p<0,05$ – порівняно з підготовчим періодом; °°- $p<0,01$ - порівняно з контрольною групою; *** - $p<0,001$ – порівняно з І дослідною групою.

Згодовування кнурам-плідникам різних доз мінеральної добавки призводило до більш інтенсивного використання відновленого глутатіону в спермі вже після першого місяця експерименту та мало нижчі показники порівняно з контрольною групою на 12,8 % (І дослідна група) і 28,5 % (ІІ дослідна група) (табл. 3.8). Подібна тенденція вмісту досліджуваного тіолу в спермі зберігалася по закінченню основного й заключного періодів.

Лабільність вмісту АК у спермі кнурів-плідників, яким згодовували Мідь у формі цитрату в кількості 10 % вище за норму, встановлено протягом всього експерименту та максимальні значення відмічались по закінченню заключного періоду ($p<0,05$). При цьому додавання до раціону 20 % даного мікроелементу сприяло поступовому збільшенню концентрації АК з першого місяця основного періоду й до завершення дослідження ($p<0,05$).

Таблиця 3.8.

**Вміст низькомолекулярних антиоксидантів у спермі кнурів-плідників
за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x} \pm SE$)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий, (n=24)	основний		заключний, (n=24)
			30 доба, (n=24)	45 доба, (n=12)	
Відновлений глутатіон, мкмоль/л	К	0,327 $\pm$ 0,056	0,305 $\pm$ 0,043	0,358 $\pm$ 0,061	0,295 $\pm$ 0,050
	I	0,337 $\pm$ 0,074	0,266 $\pm$ 0,029	0,281 $\pm$ 0,042	0,268 $\pm$ 0,041
	II	0,332 $\pm$ 0,057	0,218 $\pm$ 0,026	0,245 $\pm$ 0,033	0,229 $\pm$ 0,028
Аскорбінова кислота, мкмоль/л	К	8,69 $\pm$ 1,25	10,36 $\pm$ 1,23	8,73 $\pm$ 0,99	10,74 $\pm$ 0,89
	I	10,52 $\pm$ 0,85	9,25 $\pm$ 0,88	10,27 $\pm$ 0,90	12,97 $\pm$ 0,79*
	II	8,25 $\pm$ 0,65	9,69 $\pm$ 0,99	10,32 $\pm$ 1,04	10,95 $\pm$ 0,93*
Дегідроаскорбінова кислота, мкмоль/л	К	8,86 $\pm$ 1,12	10,28 $\pm$ 1,00	7,20 $\pm$ 1,03	10,26 $\pm$ 1,11
	I	10,84 $\pm$ 0,84	12,45 $\pm$ 1,08	8,76 $\pm$ 1,28	7,54 $\pm$ 0,79 **
	II	8,43 $\pm$ 0,71	14,75 $\pm$ 1,27 ***°	14,17 $\pm$ 1,04 ***°°°••	13,16 $\pm$ 0,89 ***•••

Примітка: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p < 0,05$; °° - $p < 0,001$ – порівняно з контрольною групою; •• - $p < 0,01$; ••• - $p < 0,001$ – порівняно з I дослідною групою.

Встановлено вірогідне збільшення вмісту ДАК у спермі кнурів-плідників II дослідної групи на 74,9 % ($p < 0,001$) (30-та доба), 68,1 % ($p < 0,001$) (45-та доба), 56,1 % ($p < 0,001$) (75-та доба) відносно підготовчого періоду. Необхідно відмітити, що в досліджуваному секреті тварин, у яких рівень Міді в раціоні становив 10 % більше норми, спостерігалось зниження ($p < 0,001$) кількості даної кислоти по закінченню основного й заключного періодів, що становило меншу концентрацію порівняно з самцями, які споживали максимальну дозу мінеральної добавки у 1,6 рази ($p < 0,01$) та 1,7 рази ($p < 0,001$) відповідно.

Вміст загального білка в спермі кнурів-плідників коливався в межах від 25,1 до 35,5 г/л (табл.3.9.). У тварин, яким згодовували Мідь у формі цитрату на 10 % та 20 % більше норми відмічалось зниження вмісту загального білка на 45-ту добу основного періоду, що було нижче на 23,1 % ($p < 0,01$) і 30,3 % ($p < 0,001$) відносно самців, які споживали основний раціон без змін. Встановлене зниження концентрації білка в спермі кнурів-плідників дослідних груп відмічається на фоні прискорення процесів пероксидації в даному секреті, що ймовірно пов'язано з його антиоксидантними

властивостями. Після припинення згодовування мінеральної добавки загальна кількість білка в секреті самців дослідних груп збільшувалась на 10–20 % та на кінець експерименту становила на одному рівні з інтактною.

Таблиця 3.9.

Біохімічний склад сперми кнурів-плідників за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x} \pm SE$, $n=6$)

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Загальний білок, г/л	К	30,66 $\pm$ 1,12	33,33 $\pm$ 1,43	36,00 $\pm$ 1,13	29,83 $\pm$ 0,71
	I	32,67 $\pm$ 1,15	30,33 $\pm$ 1,48	27,67 $\pm$ 1,53 ^{°°}	30,51 $\pm$ 0,84
	II	28,67 $\pm$ 1,12	35,51 $\pm$ 1,37	25,10 $\pm$ 0,77 ^{°°°}	30,33 $\pm$ 1,31
Сечовина, ммоль/л	К	3,45 $\pm$ 0,09	3,20 $\pm$ 0,13	3,83 $\pm$ 0,11	3,00 $\pm$ 0,08
	I	2,68 $\pm$ 0,08	3,27 $\pm$ 0,13	3,28 $\pm$ 0,11 ^{°°}	2,96 $\pm$ 0,09
	II	3,28 $\pm$ 0,13	3,25 $\pm$ 0,14	3,57 $\pm$ 0,13	2,87 $\pm$ 0,12
Креатинін, мкмоль/л	К	74,57 $\pm$ 0,81	74,33 $\pm$ 1,73	71,67 $\pm$ 1,69	73,33 $\pm$ 1,04
	I	63,33 $\pm$ 1,34	68,67 $\pm$ 1,18 ^{*°°}	64,67 $\pm$ 1,75 [°]	67,0 $\pm$ 1,23 ^{°°}
	II	79,33 $\pm$ 1,19	56,33 $\pm$ 1,12 ****°°°	60,10 $\pm$ 1,30 ^{°°}	68,33 $\pm$ 1,37 ***
Холестерин загальний, ммоль/л	К	0,62 $\pm$ 0,01	0,57 $\pm$ 0,01	0,56 $\pm$ 0,02	0,6 $\pm$ 0,02
	I	0,67 $\pm$ 0,02	0,59 $\pm$ 0,02	0,63 $\pm$ 0,02	0,62 $\pm$ 0,01
	II	0,57 $\pm$ 0,01	0,65 $\pm$ 0,02 **°°	0,71 $\pm$ 0,01 ***°°°	0,63 $\pm$ 0,02
Аланінаміно-трансфераза, МОД /л	К	40,15 $\pm$ 1,05	36,02 $\pm$ 1,35	38,74 $\pm$ 1,33	42,23 $\pm$ 1,42
	I	38,42 $\pm$ 1,21	43,22 $\pm$ 1,62 [°]	40,97 $\pm$ 0,99	45,63 $\pm$ 1,40 ^{**}
	II	42,66 $\pm$ 1,49	32,53 $\pm$ 1,72 **••	52,37 $\pm$ 3,13 *°°•	37,68 $\pm$ 1,99 [•]
Аспартатаміно-трансфераза, МОД/л	К	63,39 $\pm$ 2,07	55,29 $\pm$ 1,81	60,27 $\pm$ 2,05	58,57 $\pm$ 1,43
	I	50,73 $\pm$ 1,31	48,02 $\pm$ 0,76 ^{°°}	72,10 $\pm$ 1,77 ***°°°	52,18 $\pm$ 2,10 [°]
	II	57,21 $\pm$ 1,52	65,76 $\pm$ 2,32 *°•••	79,27 $\pm$ 1,96 ***°°°•	49,84 $\pm$ 1,74 *°°

Примітка: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p < 0,05$; °° - $p < 0,01$; °°° - $p < 0,001$ – порівняно з контрольною групою; • - $p < 0,05$, •• - $p < 0,01$, ••• - $p < 0,001$ – порівняно з I дослідною групою.

Сечовина є кінцевим продуктом обміну білків, на який припадає більша частка залишкового азоту. Протягом основного періоду експерименту вміст сечовини в спермі коливався не залежно від кількості Міді в раціоні. Найбільше підвищення даного показника спостерігалось у тварин I дослідної групи на 45-ту добу згодовування, що порівняно зі спермою кнурів-плідників контрольної та II дослідної груп було вище відповідно на 14,4 % ($p < 0,01$) та

8,1 %. По закінченню експерименту істотної міжгрупової різниці не було встановлено.

Додавання до раціону різних доз Міді у формі цитрату призводило до перерозподілу вмісту креатиніну в спермі кнурів-плідників. У тварин I дослідної групи збільшення кількості креатиніну відмічалось на 30-ту добу згодовування мінеральної добавки з подальшим незначним зниженням по закінченню основного періоду. При цьому у самців II дослідної групи спостерігалось різке зниження вмісту даного метаболіту ($p < 0,001$) вже після першого місяця споживання зі збереженням цієї тенденції до кінця експерименту.

У кнурів-плідників I дослідної групи вміст холестерину в спермі майже не змінювався протягом експерименту та був на одному рівні з інтактними тваринами. Однак у самців II дослідної групи на 30-ту і 45-ту доби основного періоду відмічалось збільшення даного показника на 14,0 % ($p < 0,01$) і 24,6 % ($p < 0,001$), що порівняно з контрольними тваринами вище на 14,0 % ($p < 0,01$) і 26,8 % ($p < 0,001$). Оскільки холестерин має високі антиоксидантні властивості, його кількість в спермі може свідчити про зміни інтенсивності процесів пероксидації в цьому секреті.

При згодовуванні Міді у формі цитрату у кількості 10 % вище за норму в спермі дослідних тварин активність АЛТ дещо збільшувалась протягом основного періоду та досягала максимального підвищення по закінченню експерименту на 18,8 % ($p < 0,01$). У досліджуваному секреті тварин, які додатково до раціону отримували Мідь у формі цитрату на 20 % більше норми відмічалось істотне коливання активності АЛТ залежно від тривалості надходження високого рівня мікроелементу до організму. Так, на 30-ту добу основного періоду у самців цієї групи активність АЛТ знижувалась на 23,7 % ($p < 0,01$), що було менше відносно контрольної і I дослідної групи на 9,7 % і 24,7 % ($p < 0,01$). Протилежний ефект від подальшого згодовування комбікорму з максимальною дозою Міді було встановлено на 45-ту добу основного

періоду, де даний показник переважав інтактну і I дослідну групи на 35,2 % ($p<0,01$) і 27,8 % ($p<0,05$) відповідно.

Згодовування різних доз Міді протягом 45-ти діб призводило до підвищення рівня АСТ у спермі кнурів-плідників I дослідної групи на 42,1 % ($p<0,001$) і II дослідної групи на 38,6 % ($p<0,001$), що було вище порівняно із контрольною групою на 19,6 % ($p<0,01$) і 31,5 % ($p<0,001$) відповідно. Проте після переведення тварин на основний раціон відмічалось зниження активності АСТ у досліджуваному секреті тварин I і II дослідних груп, де різниця з інтактною групою становила 10,9 % ($p<0,05$) і 14,9 % ($p<0,01$).

Вміст Калію у спермі інтактних та дослідних самців тварин протягом основного періоду експерименту становив в межах 14,6–16,1 ммоль/л, та не мав істотної міжгрупової різниці (табл.3.10.). Проте по закінченню експерименту збільшення цього макроелементу ($p<0,001$) в досліджуваному секреті відмічалось у кнурів-плідників, які споживали різні дози цитрату Міді.

Таблиця 3.10.

Вміст мінеральних речовин у спермі кнурів-плідників за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x} \pm SE$, $n=6$)

Показники	Групи	Період експерименту			
		Підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Калій, ммоль/л	К	15,61 $\pm$ 0,24	16,15 $\pm$ 0,15	15,77 $\pm$ 0,14	15,9 $\pm$ 0,16
	I	14,36 $\pm$ 0,2	15,8 $\pm$ 0,17	15,01 $\pm$ 0,16	16,7 $\pm$ 0,16°
	II	14,13 $\pm$ 0,32	15,48 $\pm$ 0,15	14,6 $\pm$ 0,13	16,08 $\pm$ 0,11
Натрій, ммоль/л	К	107,93 $\pm$ 2,64	108,0 $\pm$ 1,52	96,25 $\pm$ 1,48	103,4 $\pm$ 1,13
	I	99,36 $\pm$ 1,41	113,67 $\pm$ 1,73°	96,23 $\pm$ 1,12	102,77 $\pm$ 1,05
	II	103,5 $\pm$ 1,82	106,67 $\pm$ 1,04•	95,65 $\pm$ 1,24	102,53 $\pm$ 1,37
Хлор, мкмоль/л	К	88,92 $\pm$ 1,16	88,33 $\pm$ 1,34	88,53 $\pm$ 1,45	90,53 $\pm$ 1,42
	I	83,57 $\pm$ 1,11	85,67 $\pm$ 1,22	88,48 $\pm$ 1,18*	89,02 $\pm$ 1,66*
	II	84,4 $\pm$ 1,45	85,67 $\pm$ 1,46	89,92 $\pm$ 1,75*	90,02 $\pm$ 1,37*

Примітка: * - $p<0,05$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p<0,05$; °°° - $p<0,001$ – порівняно з контрольною групою; • - $p<0,05$; порівняно з I дослідною групою.

Вірогідні зміни кількості Натрію ($p<0,001$) спостерігалися в спермі кнурів-плідників, які споживали Мідь у формі цитрату на 10 % більше добової потреби, на 30-ту добу основного періоду. Одночасно з цим, тварини I дослідної переважали контрольну та II дослідну групи відповідно на 5,3 %

($p < 0,05$) і 6,6 % ($p < 0,05$). Необхідно відмітити, що, по закінченню основного і заключного періодів, кількість Натрію в досліджуваному секреті у всіх групах тварин була майже сталою. Отримані дані вказують на те, що згодовування різних доз цитрату Міді не призводило до порушення Na/K співвідношення, а отже, не мало негативного впливу на мембранний потенціал сперматозоїдів.

У тварин контрольної групи вміст Хлору в спермі майже не змінювався протягом експерименту та знаходився в межах 88,33–90,53 мкмоль/л. Додавання до раціону Міді у формі цитрату в кількості 10 % і 20 % сприяло поступовому вірогідному збільшенню досліджуваного макроеlementу від 83,57 до 90,02 мкмоль/л.

3.1.3. Кількісні та якісні показники якості еякулятів кнурів-плідників.

У свинарстві особлива увага приділяється підвищенню якості отриманих еякулятів, оскільки потенціал фертильності свиноматок в значній мірі залежить від біологічної повноцінності сперматозоїдів. Визначальним фактором впливу на якість спермопродукції є годівля самців, зокрема нормування раціонів за вмістом мінеральних речовин. Згодовування різних доз цитрату Міді призводило до змін кількісних та якісних показників еякулятів кнурів-плідників (табл.3.10.).

Встановлено, що маса еякуляту у тварин дослідних груп дещо зменшувалася на 30-ту добу споживання різних доз цитрату Міді, тоді як подальше згодовування сприяло збільшенню цього показника ($p < 0,05$) по закінченню основного періоду. Проте в цей період у інтактних кнурів-плідників відмічалася найбільша маса еякуляту, що порівняно з I і II дослідними групами більше на 11,4 % ($p < 0,05$) і 7,8 % відповідно. У заключний період був встановлений ефект післядії мінеральної добавки, що проявлялося максимальним значенням досліджуваного показника у тварин II дослідної групи та його перевагою на 12,9 % ($p < 0,05$) та 18,1 % ($p < 0,01$) відносно контрольної та I дослідної груп.

Таблиця 3.10.

**Якість спермопродукції кнурів-плідників за згодовування
цитрату Міді, (x±SE)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий, (n=24)	основний		заключний, (n=24)
			30 доба, (n=24)	45 доба, (n=12)	
Маса еякуляту, г	К	240,96±6,80	228,42±8,81	260,50±9,58	230,71±6,57
	I	205,25±7,19	197,79±8,43	230,92±9,26*°	220,46±8,06
	II	238,67±4,90	216,08±7,09	240,17±6,92	260,37±8,46 *°••
Концентрація сперматозоїдів, млн/см ³	К	212,50±7,71	206,75±8,09	188,33±8,11	217,58±5,95
	I	229,96±7,56	243,04±7,17 °°	208,70±5,24 °	213,37±8,56
	II	201,67±5,11	228,37±7,54 **	220,58±6,55 *°°	211,46±6,34
Загальна кількість сперматозоїдів в еякуляті, млрд.	К	51,34±2,54	47,91±2,96	48,57±1,99	50,21±2,04
	I	47,26±2,33	48,12±2,57	48,03±1,94	46,64±2,16
	II	48,21±1,69	49,14±2,11	53,10±2,43	55,16±2,64 *•
Кількість живих сперматозоїдів в еякуляті, млрд.	К	42,33±2,33	40,55±2,37	40,60±2,04	41,84±1,82
	I	39,62±2,15	42,55±2,37	42,74±1,6	38,76±1,89
	II	39,24±1,65	43,02±1,92	47,35±2,24*°	47,31±2,26 **••
Рухливість сперматозоїдів, %	К	82,08±1,44	84,58±1,02	83,33±1,36	83,33±0,96
	I	83,75±1,42	88,33±0,76 ***°°	89,17±0,79 ***°°°	82,92±0,93
	II	81,25±1,48	87,60±0,89 ***°°	89,17±0,79 ***°°°°	85,83±1,01*•
Виживаність сперматозоїдів, %	К	64,17±1,01	65,00±1,02	62,50±1,25	63,33±0,96
	I	61,67±0,76	69,17±0,56 ***°°°	70,00±1,18*** °°°	71,25±0,67 ***°°°°
	II	63,33±0,96	72,08±0,83 ***°°°°	66,66±1,36°	67,08±0,92 ***°°°

Примітка: * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$; *** - $p<0,001$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p<0,05$; °° - $p<0,01$; °°° - $p<0,001$ – порівняно з контрольною групою; • - $p<0,05$; •• - $p<0,01$ – порівняно з I дослідною групою.

Додавання до раціону кнурів-плідників Міді у формі цитрату на 10 % і 20 % більше норми сприяло збільшенню концентрації сперматозоїдів ($p<0,05$) вже після першого місяця експерименту, з незначним зниженням на 45-ту добу згодовування. Протягом основного періоду дослідні тварини (I і II дослідні групи) переважали інтактних за концентрацією сперматозоїдів в межах 10,5–17,5 % ($p<0,05$ – $p<0,01$). Дана тенденція відмічалася на фоні зниження цього показника у тварин, які отримували основний раціон без мінеральної добавки.

Підвищення кількісних параметрів еякуляту в кнурів-плідників які споживали максимальну дозу Міді, сприяло збільшенню загальної кількості сперматозоїдів. Поступове збільшення чисельності гамет в еякуляті було встановлено у тварин II дослідної групи з 30-ї доби основного періоду та досягненням найвищих значень по закінченню експерименту ($p < 0,05$). Необхідно відмітити, що загальна кількість сперматозоїдів у еякуляті тварин I дослідної групи не змінювалася протягом основного періоду, проте припинення згодовування мінеральної добавки супроводжувалося зниженням даного показника, що було нижче відносно контрольної та II дослідної груп відповідно на 7,1 % і 18,3 % ($p < 0,05$).

Встановлений стимулюючий вплив цитрату Міді на процеси сперматогенезу проявляється зростанням кількості живих сперматозоїдів в еякуляті. Згодовування мінеральної добавки в кількості 10 % вище норми сприяло незначному підвищенню чисельності живих гамет в еякуляті (до 8 %) протягом основного періоду, з подальшим зниженням по закінченню експерименту. При цьому, споживання Міді у формі цитрату в дозі 20 % забезпечувало збільшення кількості живих гамет на кінець основного й заключного періодів на 20,6 % ($p < 0,05$), що відносно інших груп вище від 10,8 % до 22,1 % ($p < 0,05$ – $p < 0,01$).

Помітні зміни рухливості сперматозоїдів відмічалися після першого місяця згодовування різних доз мінеральної добавки з подальшим збільшенням на кінець основного періоду на 6,5 % ($p < 0,01$) і 9,7 % ($p < 0,001$) відносно початку досліду, що переважало показники контрольної групи на 7,0 % ($p < 0,001$). При переведенні кнурів-плідників на основний раціон встановлена тенденція до зниження активності гамет у обох дослідних групах, проте, самці, які споживали Мідь у формі цитрату на 20% вище за норму, мали вищу рухливість гамет відносно контрольної та I дослідної групи відповідно на 3,0 % і 3,5 % ($p < 0,05$).

По закінченню першого місяця експерименту виживаність сперматозоїдів була вірогідно вищою при згодовуванні Міді у формі цитрату в кількості 10 %

та 20 % більше норми відповідно на 12,2 % ($p < 0,001$) та 13,8 % ($p < 0,001$), що в порівнянні з контрольною групою вище на 6,4 % ($p < 0,01$) та 10,9 % ($p < 0,001$). Проте подальше додавання до раціону різних доз мінеральної добавки призводило до розбіжного ефекту для кожної групи тварин. Так, на 45-ту добу основного періоду експерименту в кнурів-плідників I дослідної групи відмічалось підвищення виживаності гамет ($p < 0,001$), тоді як у представників II дослідної групи встановлене зниження досліджуваного показника. При цьому необхідно відмітити, що найнижча активність цих клітин після 3-х годинного інкубування протягом всього експерименту була встановлена становила у тварин контрольної групи. Виживаність сперматозоїдів під час зберігання обумовлена протіканням біохімічних процесів, зокрема пероксидації, інтенсивність якої в певній мірі визначається рівнем Міді в організмі.

Встановлено існування істотного кореляційного взаємозв'язку інтенсивності процесів пероксидного окиснення із рівнем функціональної активності сперматозоїдів. Так, на 30-ту добу експерименту у спермі інтактних тварин показник рухливості негативно корелював з активністю СОД і вмістом ДК відповідно $r = -0,38$ та $r = -0,31$. Додаткове згодовування цитрату Міді тваринам II дослідної групи супроводжувалося збільшенням сили взаємозв'язків рухливості сперматозоїдів з активністю СОД ($r = -0,49$), КТ ($r = -0,42$) та вмістом відновленого глутатіону ($r = -0,42$).

Зі збільшенням строку вживання даної мінеральної добавки в досліджуваному секреті кнурів-плідників, яким згодовували Мідь у формі цитрату у дозі 20% більше норми, рухливість і виживаність сперматозоїдів суттєво негативно корелювала із вмістом ДК відповідно $r = -0,62$ та $r = -0,38$. При цьому рухливість даного виду гамет перебувала в істотному взаємозв'язку із концентраціями ТБК-активних сполук ($r = 0,39$) та відновленого глутатіону ($r = 0,39$). По завершенню заключного періоду виявлено корелювання вмісту первинних продуктів пероксидного окиснення

ліпідів із рухливістю і виживаністю сперматозоїдів відповідно $r = 0,30$ та $r = 0,35$.

Особливої уваги заслуговує зміна величини кореляційного взаємозв'язку впродовж експерименту між рухливістю сперматозоїдів у кнурів-плідників І дослідної групи та вмістом відновленого глутатіону, де дані показники негативно корелювали: $r = -0,42$ (30-та доба), $r = -0,75$ (45-та доба), $r = -0,38$ (заклучний період). Рівень виживаності сперматозоїдів у тварин цієї ж групи в значній мірі визначався концентрацією відновленого глутатіону, що підтверджується високим оберненим коефіцієнтом кореляції $r = -0,62$.

Загальна довжина сперматозоїдів у кнурів-плідників дослідних груп вірогідно залежала від дози згодовуваної добавки та становила в межах 53,4–55,8 мкм (табл.3.11.). У тварин, які вживали Мідь у формі цитрату в кількості 10 % вище за норму зниження довжини сперматозоїдів на 30-ту добу експерименту становило 1,9 % ($p < 0,001$), проте з подальшим збільшенням цього показника на кінець основного ($p < 0,01$) і заключного періодів ($p < 0,05$). У тварин, до раціону яких додавали Мідь у формі цитрату на 20 % вище норми, загальна довжина статевих клітин зменшувалася протягом експерименту, та по закінченню основного й заключного періодів становила на 3,7 % ($p < 0,001$) і 1,9 % ($p < 0,001$) менше ніж на початку досліду.

Згодовування Міді у формі цитрату в кількості 10 % більше норми сприяло збільшенню довжини головки сперматозоїдів протягом всього періоду експерименту ($p < 0,001$). Однак, при споживанні даного мікроелементу в дозі 20 % понад норму встановлено зворотній вплив на 30-ту добу основного періоду, що супроводжувалося зменшенням довжини головки цих гамет на 2,4 % ($p < 0,001$). По закінченню експерименту найменша довжина головки сперматозоїдів була встановлена у тварин цієї ж групи, що нижче відносно контрольної та І дослідної групи на 1,8 % ($p < 0,01$) і 1,5 % ($p < 0,01$) відповідно. Вірогідне збільшення ширини головки сперматозоїдів було встановлено в дослідній групі тварин, які додатково отримували Мідь у формі

цитрату на 10 % вище за норму, після першого місяця згодовування на 3,8 % ($p<0,001$) відносно початку експерименту. Подібна тенденція була відмічена й по закінченню основного та заключного періодів ($p<0,001$).

Таблиця 3.11

Морфометричні показники сперматозоїдів кнурів-плідників за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x}\pm SE$, $n=300$)

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Загальна довжина сперматозоїди, мкм	К	54,12 $\pm$ 0,14	53,52 $\pm$ 0,16	54,02 $\pm$ 0,15	54,61 $\pm$ 0,17
	I	54,51 $\pm$ 0,19	53,43 $\pm$ 0,15 ***	55,28 $\pm$ 0,18 **ooo	55,13 $\pm$ 0,18 *o
	II	56,92 $\pm$ 0,16	54,22 $\pm$ 0,18 ***oo..	54,79 $\pm$ 0,15 ***ooo.	55,82 $\pm$ 0,16 ***ooo..
Довжина головки, мкм	К	8,19 $\pm$ 0,03	8,35 $\pm$ 0,03	8,63 $\pm$ 0,03	8,95 $\pm$ 0,04
	I	8,11 $\pm$ 0,02	8,41 $\pm$ 0,02 ***	8,68 $\pm$ 0,03 ***	8,92 $\pm$ 0,04 ***
	II	8,60 $\pm$ 0,03	8,39 $\pm$ 0,03 ***	8,65 $\pm$ 0,03	8,79 $\pm$ 0,03 ***oo..
Ширина головки, мкм	К	4,04 $\pm$ 0,11	4,05 $\pm$ 0,02	4,18 $\pm$ 0,02	4,21 $\pm$ 0,02
	I	3,98 $\pm$ 0,02	4,13 $\pm$ 0,02 ***	4,20 $\pm$ 0,01 ***	4,20 $\pm$ 0,02 ***
	II	4,17 $\pm$ 0,02	4,11 $\pm$ 0,02 *o	4,17 $\pm$ 0,02	4,18 $\pm$ 0,01
Об'єм головки, м ³	К	67,21 $\pm$ 0,85	72,21 $\pm$ 0,92	79,55 $\pm$ 0,76	83,91 $\pm$ 0,88
	I	68,23 $\pm$ 0,92	75,69 $\pm$ 0,70 ***oo	80,80 $\pm$ 0,75 ***	83,24 $\pm$ 0,86 ***
	II	79,64 $\pm$ 1,06	75,28 $\pm$ 0,94 **o	79,25 $\pm$ 0,73	81,29 $\pm$ 0,79 o
Довжина тіла, мкм	К	10,34 $\pm$ 0,07	10,48 $\pm$ 0,05	10,26 $\pm$ 0,04	10,62 $\pm$ 0,05
	I	10,46 $\pm$ 0,05	10,74 $\pm$ 0,05 ***ooo	10,52 $\pm$ 0,05 ooo	10,78 $\pm$ 0,05 ***o
	II	11,16 $\pm$ 0,08	10,87 $\pm$ 0,06 ***ooo	10,55 $\pm$ 0,04 ***ooo	10,61 $\pm$ 0,05 ***.

Примітка: * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$; *** - $p<0,001$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p<0,05$; °° - $p<0,01$; °°° - $p<0,001$ – порівняно з контрольною групою; • - $p<0,05$; •• - $p<0,01$ – порівняно з I групою;

У кнурів-плідників, котрі споживали мінеральну добавку в кількості 20 % в перші 30 діб відмічалось зменшення ширини головки цих гамет на 1,4 % ($p<0,05$), та після припинення згодовування мінеральної добавки даний показник збільшувався до початкового значення. При цьому співвідношення

між довжиною і шириною головки сперматозоїдів визначає їх гідродинаміку, тобто швидкість досягнення яйцеклітини.

Результати проведених досліджень указують на те, що величини параметрів головки сперматозоїдів обумовлюють її об'єм. Встановлено, що додавання до основного раціону Міді у формі цитрату на 10 % більше норми, сприяло збільшенню об'єму головки гамет на 30-ту добу основного періоду на 10,9 % ($p < 0,001$), що переважало контрольну групу на 4,8 % ($p < 0,01$). Подальше згодовування цієї ж дози мінеральної добавки зумовлювало поступове збільшення даного показника, з досягненням максимальних значень на кінець експерименту. У кнурів-плідників II дослідної групи відмічалася коливання об'єму головки сперматозоїдів в залежності від тривалості споживання цитрату Міді в максимальній кількості.

Тіло сперматозоїдів відіграє провідну роль у забезпеченні рухливості, що обумовлено великою насиченістю мітохондрій у даній частині гамет. При порівнянні розмірів тіла сперматозоїдів встановлено, що на 30-ту і 45-ту доби основного періоду більшою довжиною тіла характеризувалися кнури-плідники I і II дослідних груп та становило в межах 10,5-10,7 мкм, що було вище відносно інтактних тварин на 2,5 % ($p < 0,001$) і 3,7 % ($p < 0,001$) та 2,5 % ($p < 0,001$) і 2,8 % ($p < 0,001$).

При аналізі загальної довжини сперматозоїдів встановлений істотний міжгруповий розподіл гамет за класами (Рис. 3.1).

У тварин контрольної групи не відмічалися зміни розмірів протягом експерименту, а показник загальної довжини був зосереджений в межах 46 – 60 мкм. При згодовуванні Міді у формі цитрату на 10 % вище за норму спостерігалася збільшення кількості сперматозоїдів, які мали довжину більше 56 мкм, а їх кількість становила близько 40 % від загальної кількості гамет. При цьому у тварин, які вживали мінеральну добавку на 20 % більше норми, встановлене збільшення кількості сперматозоїдів класу 51–55 мкм з одночасним зменшенням 56–60 мкм.

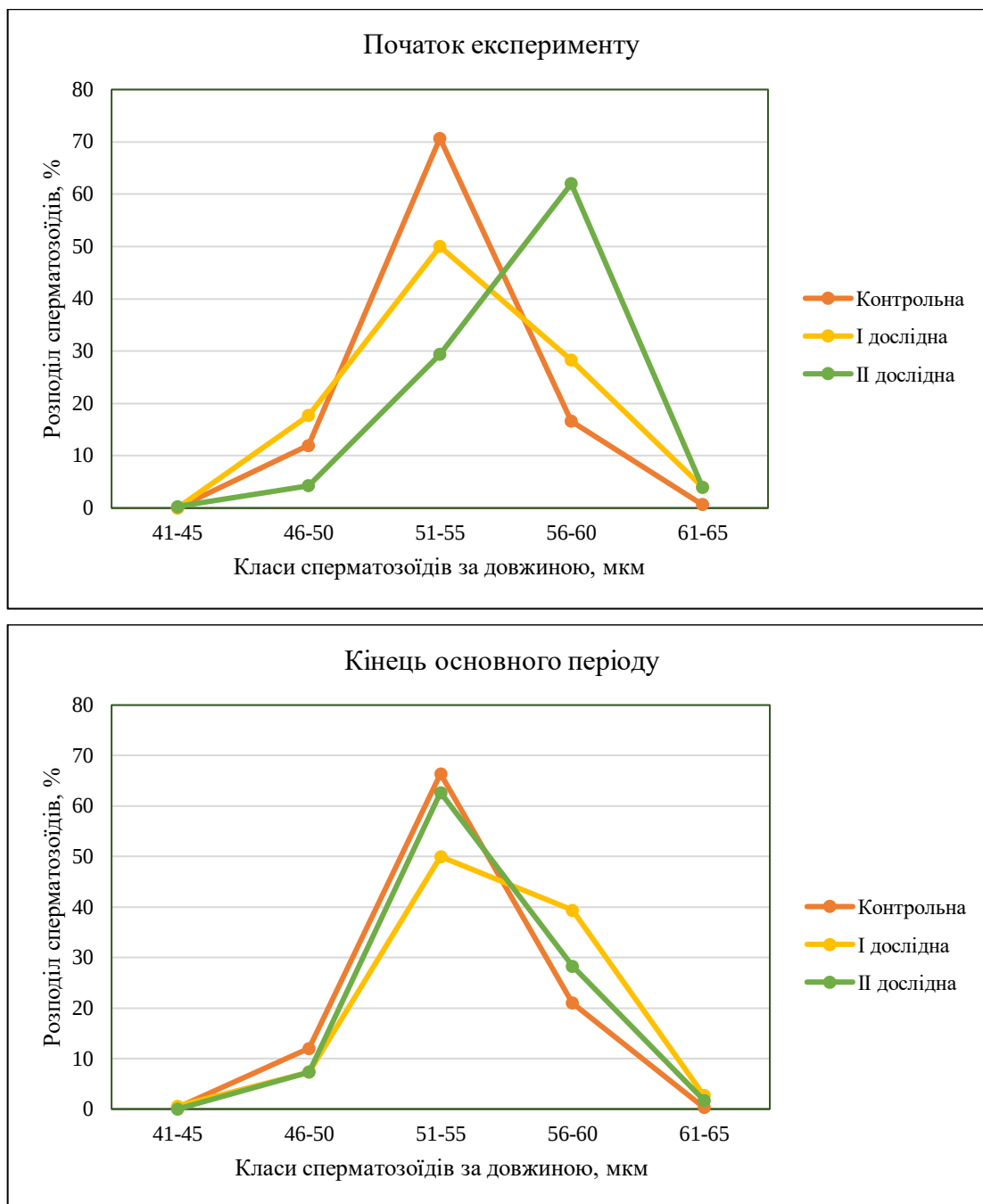


Рис.3.1. Розподіл сперматозоїдів за класи за згодовування цитрату Міді

Кількість сперматозоїдів з аномальною морфологією варіювалася залежно від рівня згодовування цитрату Міді (Рис. 3.2). У досліджуваних зразках сперми кнурів-плідників, котрі додатково отримували мінеральну добавку в кількості 10 % вище за норму, на 30-ту та 45-ту доби основного періоду експерименту кількість сперматозоїдів з аномальною морфологією становила 2,0 % і 3,0 %, що відносно початку нижче на 2,5 та 1,6 рази відповідно. У ці ж періоди найвища чисельність аномальних форм

сперматозоїдів була виявлена у тварин, котрі споживали максимальну дозу Міді, та становила 11,3 % і 8,3 %, що вище відносно інших груп у межах 2,8-5,6 рази. Подібна тенденція відмічалася й по закінченню експерименту.

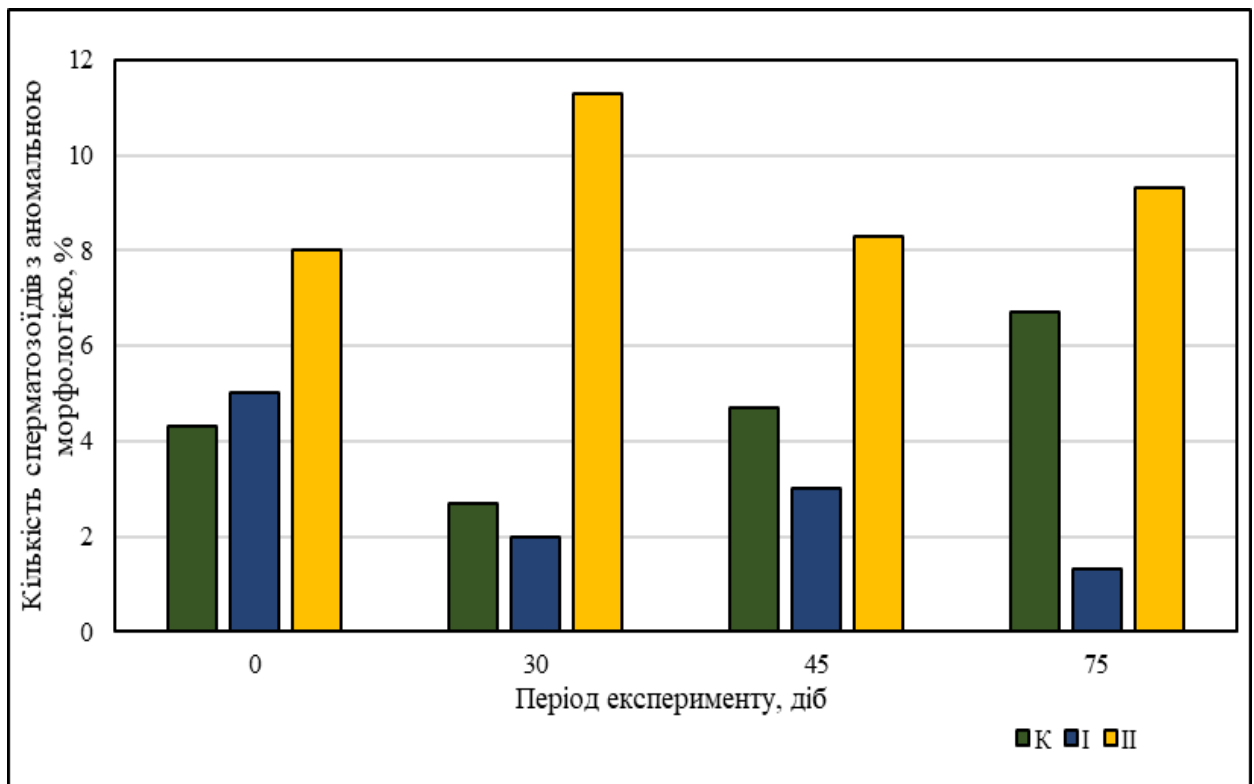


Рис.3.2. Кількість аномальної морфології сперматозоїдів за згодовування цитрату Міді, (n = 300)

Для визначення запліднюючої здатності сперматозоїдів проводили осіменіння свиноматок з подальшим визначенням їх репродуктивних показників. Заплідненість свиноматок, яких осіменяли спермою кнурів-плідників І дослідної групи, становила 93,3 %, що в порівнянні з контрольною та ІІ дослідною групами вище на 7,1 % та 14,3 % відповідно (табл. 3.12.). Ці ж свиноматки відзначалися більшою кількістю новонароджених та живих поросят і переважали контрольну та ІІ дослідну групи на 3,6 % і 7,1 % ($p < 0,001$) та 3,6 % і 8,2 % ($p < 0,001$) відповідно. Маса гнізда при народженні та відлученні поросят від свиноматок, які були закріпленні за кнурами І дослідної групи, переважала ІІ дослідну групу на 9,6 % ($p < 0,001$) та 19,8 % ($p < 0,001$) відповідно.

Таблиця 3.12

Відтворна здатність свиноматок, ($\bar{x} \pm SE$)

Групи	Осіменено	Відтворні якості свиноматок					
		Заплідненість, %	Кількість новонароджених поросят, гол.		Велико- плідність, кг	Маса гнізда при народженні, кг	Маса гнізда при відлу- ченні, кг
			всього	у т.ч. живих			
К	30	86,7	10,8 $\pm$ 0,19	10,6 $\pm$ 0,17	1,35 $\pm$ 0,019	14,45 $\pm$ 0,28	85,77 $\pm$ 1,97
I	30	93,3	11,2 $\pm$ 0,18**	11,0 $\pm$ 0,17**	1,31 $\pm$ 0,024	14,41 $\pm$ 0,21 ***	94,04 $\pm$ 2,20 *** ^{oo}
II	30	80,0	10,4 $\pm$ 0,22	10,1 $\pm$ 0,19	1,29 $\pm$ 0,023 ^o	13,03 $\pm$ 0,24 ooo	75,43 $\pm$ 1,83 ooo

Примітка: ^{oo} - $p < 0,01$; ^{ooo} - $p < 0,001$ – порівняно з контрольною групою; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ – порівняно з II дослідною групою.

У результаті проведених досліджень було встановлено позитивний вплив цитрату Міді на якість отриманої спермопродукції кнурів-плідників, репродуктивні показники свиноматок та ріст і розвиток поросят.

За дослідом із згодовування різних доз цитрату Міді кнурам-плідникам отримали річний економічний ефект 25936,84 грн., або 926,32 грн. на один опорос:

$E_1 = 150,00 \text{ грн./кг} \times (85,77 \text{ кг} \times 9,6 \%) : 100\% \times 0,75 \times 28 = 25936,84 \text{ грн.}$,
де: 150,00 грн./кг – ціна в господарстві 1 кг живої маси поросят в цінах 2023 року;

85,77 кг – маса гнізда поросят при відлученні за контрольного варіанту;

9,6 % – середня прибавка маси гнізда поросят у I дослідному варіанті;

28 - кількість опоросів.

3.1.4. Вплив додавання цитрату Міді до цільної й розрідженої сперми на функціональну активність сперматозоїдів та формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу

Штучне осіменіння свиней передбачає забезпечення довготривалого зберігання спермодоз із високою функціональною активністю сперматозоїдів. Але при зберіганні даних гамет відмічається посилене генерування вільних радикалів через зменшення кількості антиоксидантів після розрідження, що

знижує їх життєздатність. Це зумовлює необхідність удосконалення складу розріджувачів різних термінів зберігання спермодоз, які будуть направлені на посилення антиоксидантної ємності.

Аналіз отриманих експериментальних даних свідчить про різницю функціональної активності сперматозоїдів залежно від терміну інкубування зразків цільної та розрідженої сперми (табл. 3.13). Інкубування сперми при температурі 17°C протягом 3-х годин супроводжувалося зниженням рухливості сперматозоїдів ($p<0,01$ – $p<0,001$) у всіх зразках. Максимальна активність гамет відмічалась у цільній спермі, тоді як мінімальна – при додаванні цитрату Міді до нативної сперми, а різниця показників становила 25,4 % ($p<0,001$). При зберіганні зразків розрідженої сперми рухливість сперматозоїдів становила 82,5 %, тоді як додавання мікроелементу до розріджувача сприяло незначній перевазі в активності гамет.

Таблиця 3.13

**Вплив цитрату Міді на функціональну активність
сперматозоїдів, ($\bar{x} \pm SE$, $n=24$)**

Досліджувані зразки сперми	Рухливість, %	pH
Цільна до інкубування	96,25±1,20	7,0±0,08
Розріджена до інкубування	93,33±1,33	7,3±0,05
17°C/3 год		
Цільна	90,00±1,63 ^{oo}	7,3±0,05 ^{oo}
Цільна із цитратом Міді	64,58±2,89 ^{****ooo}	6,9±0,07 ^{***}
Розріджена	82,50±2,48 ^{ooo}	6,6±0,07 ^{ooo}
Розріджена із цитратом Міді	86,67±2,10 ^o	6,5±0,08 ^{ooo}
17°C/24 год		
Цільна	85,00±2,13 ^{ooo}	7,3±0,06 ^{oo}
Цільна із цитратом Міді	43,33±2,87 ^{****ooo}	7,1±0,07 [*]
Розріджена	79,17±3,07 ^{ooo}	6,6±0,08 ^{ooo}
Розріджена із цитратом Міді	82,92±2,49 ^{oo}	6,7±0,07 ^{ooo}
38°C/3 год		
Цільна	82,92±1,89 ^{ooo}	7,1±0,05
Цільна із цитратом Міді	49,17±2,38 ^{****ooo}	6,8±0,08 ^{**}
Розріджена	87,08±1,89 ^o	6,4±0,07 ^{ooo}
Розріджена із цитратом Міді	85,42±2,04 ^{oo}	6,5±0,16 ^{ooo}
38°C/24 год		
Цільна	53,75±2,12 ^{ooo}	6,0±0,11 ^{ooo}
Цільна із цитратом Міді	30,00±2,22 ^{****ooo}	5,7±0,10 ^{ooo}
Розріджена	68,33±2,87 ^{ooo}	6,5±0,08 ^{ooo}
Розріджена із цитратом Міді	62,92±2,34 ^{ooo}	6,2±0,13 ^{ooo}

Примітка: * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$; *** - $p<0,001$ – порівняно з цільною спермою у кожному температурному режимі; ^{oo} - $p<0,01$; ^{ooo} - $p<0,001$ – порівняно з цільною спермою до інкубування; ^o - $p<0,05$; ^{oo} - $p<0,01$; ^{ooo} - $p<0,001$ – порівняно з розрідженою спермою до інкубування.

На фоні високої активності сперматозоїдів у цільній спермі відмічалась оптимальна кислотність для нормального функціонування цих клітин, яка становила 7,3, що вище відносно зразків до інкубування на 4,3 % ($p < 0,01$). При цьому в інших зразках відмічалось підвищення даного показника, що було більше відносно цільної сперми на 5,5–10,9 % ($p < 0,001$). Необхідно відмітити, що додавання цитрату Міді до розріджувача зумовлювало максимальне закиснення (до 6,5), що перевищувало даний показник в до інкубованих розріджених зразках на 10,9 % ($p < 0,001$).

При продовженні тривалості зберігання цільної сперми з додавання цитрату Міді до 24 годин (17°C) встановлений істотний негативний вплив, що проявлявся в зниженні рухливості сперматозоїдів до 43,3 %, яка була нижче відносно цільної у цьому температурному режимі ($p < 0,001$) та до інкубованої сперми ($p < 0,001$). Додавання даного мікроелементу до розрідженої сперми мало зворотній вплив на функціональну активність гамет, підтримуючи даний показник на рівні 82,9 %. Ступінь кислотності у всіх спермодозах через добу зберігання коливався в межах 6,6–7,3, де вищі значення спостерігалися у розріджених зразках.

Після 3-х годинного інкубування сперми, за температури 38°C , рухливість сперматозоїдів була в межах від 82,9 % до 87,0 % у всіх зразках, окрім гамет в цільній спермі з додаванням цитрату Міді, де даний показник був на рівні 49,1 %. При цьому максимальна кислотність була встановлена в розрідженій спермі – 6,4, а лужна – в нативній – 7,1, з вірогідною різницею ($p < 0,001$) цього показника.

При порівнянні рухливості сперматозоїдів після 24-х годинного зберігання за температури 38°C встановлено істотну різницю активності гамет залежно від складу середовища. Після інкубування нативної сперми протягом доби знижувало рухливість цих клітин була на рівні 53,7 %, тоді як у зразках цільної з додаванням цитрату Міді рівень живих сперматозоїдів становив лише 30,0 %, при цьому даний показник був нижче ($p < 0,001$) відносно до інкубованих зразків. У розрідженій спермі показник рухливості мав найвищі

значення – 68,3 %, тоді як наявність цитрату Міді в розріджених зразках підтримувала активність гамет на рівні 62,9 %. Підвищення кислотності відмічалось у всіх зразках, проте найвищий рівень був встановлений у цільній спермі з додавання цитрату Міді, що імовірно, й обумовлює істотне зниження рухливості сперматозоїдів.

Встановлено істотну розбіжність вмісту метаболітів пероксидного окиснення ліпідів у зразках цільної та розрідженої сперми після інкубування (табл. 3.14.).

Таблиця 3.14

**Вплив цитрату Міді на інтенсивність процесів пероксидації
у цільній та розрідженій, ($\bar{x} \pm SE$, n=24)**

Досліджувані зразки сперми	Дієнові кон'югати, мкмоль/л	ТБК-активні сполуки до інкубування, мкмоль/л	ТБК-активні сполуки після інкубування, мкмоль/л
Цільна до інкубування	1,69±0,10	23,64±1,10	29,15±1,46
Розріджена до інкубування	0,97±0,07	13,25±0,85	15,18±0,96
17°C/3 год			
Цільна	1,44±0,12	25,24±1,00	29,57±1,26
Цільна із цитратом Міді	1,64±0,14	34,45±1,55****°°°	38,66±1,57****°°°
Розріджена	0,88±0,11	14,19±0,83	18,02±0,98°
Розріджена із цитратом Міді	0,61±0,07•°°	17,77±1,07•°°	20,62±1,14°°
17°C/24 год			
Цільна	1,88±0,13	29,85±1,26°°	31,28±1,35
Цільна із цитратом Міді	2,36±0,15*°°	37,35±1,29*°°°	40,14±1,30****°°°
Розріджена	1,19±0,09	16,70±1,05°	18,18±1,15
Розріджена із цитратом Міді	0,75±0,07••°°	20,98±0,94••°°°	25,38±0,95••°°°
38°C/3 год			
Цільна	2,99±0,21°°°	32,66±1,30°°°	37,16±1,35°°°
Цільна із цитратом Міді	3,48±0,22°°°	40,71±1,53°°°	48,11±1,88****°°°
Розріджена	1,79±0,13°°°	20,67±1,16°°°	25,21±1,22°°°
Розріджена із цитратом Міді	1,36±0,12•°	26,54±1,16••°°°	34,04±1,29••°°°
38°C/24 год			
Цільна	3,67±0,16°°°	38,99±1,21°°°	42,65±1,26°°°
Цільна із цитратом Міді	3,31±0,14°°°	36,78±1,31°°°	38,75±1,29*°°°
Розріджена	1,99±0,13°°°	24,24±1,23°°°	29,05±1,30°°°
Розріджена із цитратом Міді	2,43±0,18°°°	27,31±1,27°°°	26,98±1,18°°°

Примітка: * - $p < 0,05$; *** - $p < 0,001$ – порівняно з цільною спермою у кожному температурному режимі; °° - $p < 0,01$; °°° - $p < 0,001$ – порівняно з цільною спермою до інкубування; • - $p < 0,05$; •• - $p < 0,01$ – порівняно з розрідженою спермою у кожному температурному режимі; °- $p < 0,05$; °° - $p < 0,01$; °°° - $p < 0,001$ – порівняно з розрідженою спермою до інкубування.

При 3-х годинному зберіганні за 17°C, концентрація ДК у цільній спермі та з додаванням цитрату Міді становила відповідно 1,4 та 1,6 мкмоль/л, що не мало істотної різниці порівняно з до інкубованими зразками. При подальшому добовому зберіганні за цієї ж температури у даних зразках з додаванням мікроелементу відмічалось збільшення кількості первинних продуктів пероксидації, що перевищувало цільну сперму до та після інкубування відповідно на 25,5 % ($p<0,05$) і 39,4 % ($p<0,01$).

У розрідженій спермі після 3-х і 24-х годинного зберігання при 17°C відмічалися нижчі показники вмісту ДК ніж перед інкубуванням відповідно на 47,9 % ($p<0,001$) і 29,6 % ($p<0,01$). При цьому додавання цитрату Міді до розріджувача сприяло зниженню концентрації цього метаболіту на 30,7 % ($p<0,05$) (3 години) та 36,9 % ($p<0,01$) (24 години).

Зберігання цільної сперми впродовж 3-х годин за температури 38°C та з додаванням цитрату Міді супроводжувалося збільшенням концентрації ДК у 1,8 разів ($p<0,001$) і 2,1 рази ($p<0,001$), з подальшим вірогідним підвищенням метаболіту при 24-х годинному зберіганні в цьому ж температурному режимі та становило найвищі значення відносно інших зразків. У розріджених зразках сперми та з введенням мікроелементу до розріджувача за різної тривалості зберігання при температурі 38°C вміст ДК перевищував ці ж зразки до інкубування у 1,8 разів ($p<0,001$) і 1,4 раза ($p<0,05$) (3 години) та 2,0 рази ($p<0,001$) і 2,5 раза ($p<0,001$) (24 години).

Встановлено, що додавання цитрату Міді до цільної сперми супроводжувалося збільшенням ТБК-активних сполук після 3-х годинного зберігання при 17°C на 45,7 % ($p<0,001$) відносно зразків до інкубування, що перевищувало цільну у цьому температурному режимі на 36,5 % ($p<0,001$). Подібна тенденція була встановлена й при подальшому зберіганні за цієї ж температури. У розрідженій спермі після 3-х і 24-х годинного зберігання вміст ТБК-активних сполук становив на 7,1 % і 26,0 % ($p<0,05$) вище відносно до інкубованих зразків. Введення до розріджувача цитрату Міді призводило до підвищення рівня вторинних продуктів ПОЛ за різної тривалості зберігання на

34,1 % ($p < 0,01$) (3 години) і 58,3 % ($p < 0,001$) (24 години) порівняно з розрідженою спермою перед інкубуванням, що вище відносно розріджених зразків відповідно на 25,2 % ($p < 0,05$) і 25,6 % ($p < 0,05$). Істотна відмінність концентрацій ТБК-активних сполук після інкубування була встановлена на 24-ту годину зберігання (17°C), де мінімальне збільшення відмічалось у цільній спермі, а максимальне – у розрідженій з додаванням цитрату Міді, а різниця цих показників становила 16,1 % ($p < 0,01$).

Протягом інкубування при температурі 38°C вміст ТБК-активних сполук у цільній спермі збільшувався на 38,2 % (3 години зберігання) ($p < 0,001$) і 64,9 % (24 години зберігання) ($p < 0,001$), при цьому додавання цитрату Міді не призводило до інтенсифікації пероксидації, про що свідчить відсутність істотної різниці даного показника відносно зразків цільної сперми в кожному температурному режимі. У розрідженій спермі після 3-х і 24-х (38°C) годинного зберігання відмічалася найнижча концентрація ТБК-активних сполук відносно інших зразків. Наявність у розріджувачі мікроелементу зумовлювало збільшення кількості цього метаболіту відносно розрідженої сперми на 28,4 % ($p < 0,01$) (3 години зберігання) і 12,7 % (24 години зберігання). Після інкубування, у прооксидантному буфері, встановлено збільшення концентрації ТБК-активних сполук у цільній спермі та з додаванням цитрату Міді становило 13,8 % і 18,2 %, тоді як у розріджених зразках – 21,9 % і 28,3 %.

Рівень ензимів антиоксидантної ланки в зразках сперми коливався залежно від температурного режиму та тривалості її інкубування (табл.3.15). Протягом 3-х годинного зберігання цільної сперми при 17°C активність СОД знижувалася на 14,4 % з подальшим збільшенням на 18,1 % після 24-х годин відносно до інкубованих зразків. При додаванні цитрату Міді до нативної сперми відмічалось незначне поступове підвищення активності СОД після доби зберігання, при цьому рівень даного ензиму був нижчим відносно цільної сперми на 10,1 %. Після 3-ї і 24-ї години інкубування в цьому ж температурному режимі активність СОД у розріджених зразках зростала у

2,2 рази ($p<0,001$), і 2,1 раза ($p<0,001$). При додаванні цитрату Міді до розріджувача рівень даного ензиму знижувався на 38,4 % ($p<0,001$) уже після 3-х годинного інкубування зі збереженням даної тенденції після доби зберігання.

Таблиця 3.15

**Вплив цитрату Міді на активність ензимів
антиоксидантної ланки у цільній і розрідженій спермі, ($x \pm SE$, $n=24$)**

Досліджувані зразки сперми	Супероксиддисмутаза, у.о./мл	Каталаза, H_2O_2 /хв./л
Цільна до інкубування	$0,360 \pm 0,022$	$27,44 \pm 1,13$
Розріджена до інкубування	$0,229 \pm 0,017$	$16,78 \pm 0,94$
17°C/3 год		
Цільна	$0,308 \pm 0,017$	$20,51 \pm 1,20^{\circ\circ}$
Цільна із цитратом Міді	$0,363 \pm 0,018^*$	$26,20 \pm 1,26^{***}$
Розріджена	$0,515 \pm 0,020^{\square\square\square}$	$18,97 \pm 0,98$
Розріджена із цитратом Міді	$0,317 \pm 0,014^{\bullet\bullet\bullet\square\square\square}$	$24,24 \pm 1,16^{\bullet\bullet\square\square\square}$
17°C/24 год		
Цільна	$0,425 \pm 0,024$	$25,73 \pm 1,15$
Цільна із цитратом Міді	$0,382 \pm 0,014$	$28,47 \pm 1,37$
Розріджена	$0,486 \pm 0,019^{\square\square\square}$	$19,56 \pm 0,99$
Розріджена із цитратом Міді	$0,446 \pm 0,018^{\square\square\square}$	$26,17 \pm 1,48^{\bullet\bullet\square\square\square}$
38°C/3 год		
Цільна	$0,568 \pm 0,020^{\circ\circ\circ}$	$29,85 \pm 1,34$
Цільна із цитратом Міді	$0,780 \pm 0,026^{***\circ\circ\circ}$	$35,27 \pm 1,58^{***\circ\circ\circ}$
Розріджена	$0,689 \pm 0,032^{\square\square\square}$	$20,85 \pm 1,42^{\square}$
Розріджена із цитратом Міді	$0,756 \pm 0,029^{\square\square\square}$	$26,39 \pm 1,41^{\bullet\square\square\square}$
38°C/24 год		
Цільна	$0,238 \pm 0,013^{\circ\circ\circ}$	$34,77 \pm 1,73^{\circ\circ}$
Цільна із цитратом Міді	$0,288 \pm 0,013^{*\circ\circ}$	$39,83 \pm 1,94^{\circ\circ\circ}$
Розріджена	$0,261 \pm 0,011$	$25,86 \pm 1,26^{\square\square\square}$
Розріджена із цитратом Міді	$0,215 \pm 0,012^{\bullet\bullet}$	$23,32 \pm 1,34^{\square\square\square}$

Примітка: * - $p<0,05$; *** - $p<0,001$ – порівняно з цільною спермою у кожному температурному режимі; $\circ\circ$ - $p<0,01$; $\circ\circ\circ$ - $p<0,001$ – порівняно з цільною спермою до інкубування; $\bullet$ - $p<0,05$; $\bullet\bullet$ - $p<0,01$ – порівняно з розрідженою спермою у кожному температурному режимі; $\square\square\square$ - $p<0,001$ – порівняно з розрідженою спермою до інкубування.

При 3-х годинному зберіганні за температури 38°C збільшення активності СОД ($p<0,001$) відмічалось у всіх зразках сперми, однак найнижчі значення були встановлені в цільній. Подальше зберігання сперми за даних температурних умов супроводжувалося інтенсивним зниженням СОД на 33,9 % ($p<0,001$) (цільна сперма), 20,0 % ($p<0,001$) (цільна сперма із цитратом Міді), 27,5 % ($p<0,001$) (розріджена сперма), 40,3 % ($p<0,001$)

(розріджена сперма із цитратом Міді). При цьому максимальна активність цього ензиму відмічалась у цільній з додаванням цитрату Міді, що вище цільної у цьому температурному режимі на 21,0 % ($p < 0,05$), тоді як мінімальна – у розрідженій з введенням мікроелементу, що нижче відносно розрідженої за цієї ж температури на 17,6 % ($p < 0,01$).

Активність КТ у цільній спермі знижувалася на 25,3 % (3 години зберігання) ($p < 0,001$) і 6,2 % (24 години зберігання) за температури 17°C відносно зразків до інкубування. Додавання цитрату Міді до нативної сперми супроводжувалося переважанням даного ензиму порівняно з цільною спермою на 27,7 % ($p < 0,001$) і 10,6 % відповідно після 3-х і 24-х годинного зберігання при 17°C. Незначне збільшення рівня КТ було встановлено в розріджених зразках за різної тривалості інкубування. Введення мікроелементу до складу розріджувача призводило до зростання активності цього ензиму на 27,8 % ($p < 0,01$) (3 години зберігання) і 33,8 % ($p < 0,01$) (24 години зберігання) при температурі 17°C.

При інкубуванні цільної сперми та з додаванням цитрату Міді при температурі 38°C протягом 3-х годин відмічалось збільшення рівня КТ на 8,8 % і 28,5 % ($p < 0,001$), з подальшим підвищенням при добовому терміні зберігання на 26,7 % ($p < 0,01$) і 45,2 % ($p < 0,001$) відносно зразків до інкубування. Як у розріджених зразках сперми, так і з введенням мікроелементу встановлена мінімальна активність КТ в різні температурні режими.

Встановлено зниження вмісту відновленого глутатіону після доби зберігання при 17°C на 29,1 % ($p < 0,001$) у цільній спермі і 13,3 % у цільній спермі із цитратом Міді (табл. 3.16). Подібна тенденція була виявлена й у розріджених зразках та при додаванні даного мікроелементу до розріджувача.

Зберігання сперми при 38°C протягом 3-х годин супроводжувалося зниженням кількості відновленого глутатіону у всіх зразках, проте вищі результати були встановлені в цільній спермі з додаванням цитрату Міді. Необхідно відмітити, що при подальшому інкубуванні в цьому ж

температурному режимі в зразках сперми із доданою Міддю спостерігалось зменшення вмісту віновленого глутатіону, що менше відносно цільної сперми на 16,6 % ($p < 0,05$). У розріджених зразках сперми даного тіолу не було встановлено.

Таблиця 3.16

Вплив цитрату Міді на вміст низькомолекулярних антиоксидантів у цільній і розрідженій спермі, ($\bar{x} \pm SE$, $n=24$)

Досліджувані зразки сперми	Відновлений глутатіон, мкмоль/л	Аскорбінова кислота, мкмоль/л	Дегідроаскорбінова кислота, мкмоль/л
Цільна до інкубування	0,330 $\pm$ 0,019	8,61 $\pm$ 0,46	8,89 $\pm$ 0,55
Розріджена до інкубування	0,197 $\pm$ 0,012	5,26 $\pm$ 0,27	5,70 $\pm$ 0,36
17°C/3 год			
Цільна	0,297 $\pm$ 0,014	9,96 $\pm$ 0,66	10,91 $\pm$ 0,62°
Цільна із цитратом Міді	0,329 $\pm$ 0,015	7,93 $\pm$ 0,42*	12,04 $\pm$ 0,76°°
Розріджена	0,196 $\pm$ 0,012	4,55 $\pm$ 0,23	6,34 $\pm$ 0,44
Розріджена із цитратом Міді	0,215 $\pm$ 0,014	5,57 $\pm$ 0,24••	7,76 $\pm$ 0,53••□□
17°C/24 год			
Цільна	0,234 $\pm$ 0,015°°°	6,38 $\pm$ 0,44°°	12,45 $\pm$ 0,79°°
Цільна із цитратом Міді	0,286 $\pm$ 0,021	6,00 $\pm$ 0,43°°°	14,03 $\pm$ 0,97°°°
Розріджена	0,179 $\pm$ 0,015	3,73 $\pm$ 0,36□□	5,83 $\pm$ 0,47
Розріджена із цитратом Міді	0,169 $\pm$ 0,013	4,07 $\pm$ 0,31□□	4,94 $\pm$ 0,40
38°C/3 год			
Цільна	0,241 $\pm$ 0,019°°	7,06 $\pm$ 0,51°	7,79 $\pm$ 0,41
Цільна із цитратом Міді	0,272 $\pm$ 0,018°	8,37 $\pm$ 0,46	8,76 $\pm$ 0,47
Розріджена	0,182 $\pm$ 0,015	4,43 $\pm$ 0,25□	5,86 $\pm$ 0,36
Розріджена із цитратом Міді	0,189 $\pm$ 0,013	3,23 $\pm$ 0,28••□□□	4,35 $\pm$ 0,28••□□
38°C/24 год			
Цільна	0,193 $\pm$ 0,011°°°	5,33 $\pm$ 0,40°°°	9,83 $\pm$ 0,45
Цільна із цитратом Міді	0,161 $\pm$ 0,009*°°°	6,33 $\pm$ 0,31°°°	10,71 $\pm$ 0,53°
Розріджена	-	3,07 $\pm$ 0,28□□□	4,41 $\pm$ 0,28□□
Розріджена із цитратом Міді	-	2,46 $\pm$ 0,20□□□	3,62 $\pm$ 0,27□□□

Примітка: * - $p < 0,05$ – порівняно з цільною спермою в кожному температурному режимі; ° - $p < 0,05$; °° - $p < 0,01$; °°° - $p < 0,001$ – порівняно з цільною спермою до інкубування; • - $p < 0,05$; •• - $p < 0,01$ – порівняно з розрідженою спермою в кожному температурному режимі; □ - $p < 0,05$; □□ - $p < 0,01$; □□□ - $p < 0,001$ – порівняно з розрідженою спермою до інкубування.

Вміст АК у цільній спермі при 3-х годинному інкубуванні (17°C) збільшувався на 12,0 % ($p < 0,05$), проте, додавання цитрату Міді призводило до зменшення цієї кислоти. При подальшому зберіганні протягом 24-х годин відмічалось істотне використання досліджуваного антиоксиданту – зниження

концентрації становило 29,5 % ($p<0,01$) (цільна сперма) і 30,3 % ($p<0,001$) (цільна сперма із цитратом Міді) відносно зразків до інкубування.

У розріджених зразках сперми кількість АК знижувалася вже після 3-х годин зберігання при 17°C, з досягненням мінімальних значень після доби інкубування. Введення мікроелементу до розріджувача супроводжувалося вищим вмістом АК відносно розріджених зразків на 22,4 % ($p<0,01$) (3 години зберігання) і 9,1 % (24 години зберігання).

Після інкубування цільної сперми при 38°C встановлене зниження кількості АК на 18,0 % ($p<0,05$) (3 години зберігання) і 38,1 % ($p<0,001$) (24 години зберігання). Додавання цитрату Міді до цільної сперми сприяло збереженню цієї кислоти, що проявлялося у переважанні на 18,5 % і 18,7 % порівняно із нативними зразками. Введення до розрідженої сперми мікроелементу стимулювало більш інтенсивне використання АК після 3-х і 24-х годин зберігання відповідно на 27,1 % ($p<0,01$) і 19,9 %.

Збільшення кількості ДАК відмічалось у зразках цільної та з додаванням цитрату Міді після інкубування (17°C) протягом 3-х годин відповідно на 22,7 % ($p<0,05$) і 35,4 % ($p<0,01$) та 24-годин на 40,0 % ($p<0,01$) і 57,8 % ($p<0,001$). Подібна тенденція була відмічена й у зразках розрідженої та розрідженої із цитратом Міді після 3-х годинного зберігання з подальшим незначним зниження після добового зберігання.

Зберігання цільної сперми та зразків із додаванням цитрату Міді супроводжувалося незначним зниженням вмісту ДАК при перших 3-х годинах інкубування (38°C), з подальшим збільшенням на 10,6 % і 20,5 % ($p<0,05$) по закінченню добового терміну. Додавання мікроелементу до розріджувача призводило до більш інтенсивного зниження концентрації ДАК, що відносно розрідженої сперми було менше на 25,8 % ($p<0,01$) (3 години зберігання) і 17,9 % (24 години зберігання).

Таким чином, вплив цитрату Міді на гомеостаз крові, сперми та функціональний стан сперматозоїдів кнурів-плідників визначався дозою згодовуваного мікроелементу. У тварин, які отримували Мідь у формі цитрату

на 20 % більше норми, біологічний ефект проявлявся вже після першого місяця вживання. У кнурів-плідників, які вживали мінеральну добавку в кількості 10 % вище за норму, зміни в стані ПАГ, якості еякулятів, активності та виживаності сперматозоїдів відбувалися лише після 45-ої доби згодовування.

Додавання цитрату Міді до зразків цільної та розрідженої сперми підвищувало рухливість сперматозоїдів, стимулювало перебіг процесів пероксидації та активувало ензимну частину системи АОЗ.

Результати представлених у підрозділі досліджень опубліковані у роботах [35, 44, 46, 47, 48, 278].

3.2. Вплив згодовування комплексу цитрату Міді з гомогенатом трутневих личинок на біохімічні показники крові й сперми та їх взаємозв'язок з якістю еякулятів кнурів-плідників.

3.2.1. Показники обміну речовин та стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові кнурів-плідників.

Сучасний розвиток екологічно-безпечного виробництва сільськогосподарської продукції характеризується використанням хелатних сполук мікронутрієнтів та природних стимуляторів тваринного походження, яким притаманні антиоксидантні та адаптогенні властивості. Аналіз біохімічного профілю крові дозволяє не лише визначити загальний стан організму, але й проаналізувати його реакцію на дію екзогенних факторів, зокрема годівлі.

У крові кнурів-плідників контрольної та дослідних груп рівень загального білка коливався в діапазоні 78,4–83,8 г/л, що було в межах фізіологічної норми (табл.3.17.). Тварини, яким згодовували Мідь у формі цитрату окремо та в поєднанні з ГТЛ, на кінець основного періоду характеризувалися збільшенням концентрації загального білка до 5 % з подальшим незначним зниженням по завершенню експерименту. Істотних відмінностей даного показника не було

встановлено в жодній групі, однак відмічався перерозподіл альбумінів та глобулінів залежно від кількості кормових добавок у раціоні самців.

Таблиця 3.17.

Біохімічні показники в крові кнурів-плідників за згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, $n=3$)

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Загальний білок, г/л	К	80,21 $\pm$ 2,26	82,87 $\pm$ 2,32	80,20 $\pm$ 2,72	79,16 $\pm$ 1,93
	I	78,47 $\pm$ 1,88	81,72 $\pm$ 2,18	82,64 $\pm$ 3,03	81,94 $\pm$ 1,30
	II	80,65 $\pm$ 2,21	80,52 $\pm$ 1,78	83,86 $\pm$ 2,06	78,47 $\pm$ 2,27
Альбуміни, г/л	К	36,84 $\pm$ 1,54	37,82 $\pm$ 1,87	34,04 $\pm$ 1,99	35,27 $\pm$ 1,55
	I	38,97 $\pm$ 1,46	37,10 $\pm$ 1,37	35,26 $\pm$ 1,39	33,93 $\pm$ 1,19
	II	37,61 $\pm$ 1,09	35,43 $\pm$ 1,36	32,59 $\pm$ 1,40	31,41 $\pm$ 1,06*
Глобуліни, г/л	К	43,37 $\pm$ 3,35	45,05 $\pm$ 1,71	46,16 $\pm$ 0,95	43,89 $\pm$ 2,04
	I	39,49 $\pm$ 1,13	44,62 $\pm$ 3,53	47,39 $\pm$ 4,41	48,01 $\pm$ 2,27*
	II	43,04 $\pm$ 1,22	45,09 $\pm$ 2,67	51,27 $\pm$ 2,24*	47,06 $\pm$ 2,19
Сечовина, ммоль/л	К	4,91 $\pm$ 0,24	4,75 $\pm$ 0,28	4,94 $\pm$ 0,19	4,65 $\pm$ 0,16
	I	4,60 $\pm$ 0,18	4,28 $\pm$ 0,21	4,30 $\pm$ 0,19	4,87 $\pm$ 0,26
	II	4,55 $\pm$ 0,29	4,66 $\pm$ 0,25	4,11 $\pm$ 0,25	4,22 $\pm$ 0,24
Креатинін, ммоль/л	К	135,71 $\pm$ 3,24	140,21 $\pm$ 3,75	142,56 $\pm$ 3,29	139,67 $\pm$ 3,46
	I	144,70 $\pm$ 3,81	139,86 $\pm$ 2,70	134,60 $\pm$ 2,87	134,25 $\pm$ 2,17
	II	148,15 $\pm$ 3,68	136,57 $\pm$ 3,19	130,58 $\pm$ 2,89*	130,87 $\pm$ 2,73*
Глюкоза, ммоль/л	К	3,13 $\pm$ 0,16	3,30 $\pm$ 0,11	2,97 $\pm$ 0,10	3,08 $\pm$ 0,16
	I	2,83 $\pm$ 0,18	3,66 $\pm$ 0,23	3,46 $\pm$ 0,13	2,76 $\pm$ 0,18
	II	3,05 $\pm$ 0,15	2,86 $\pm$ 0,16	2,63 $\pm$ 0,18	2,60 $\pm$ 0,22
Холестерин Ммоль/л	К	2,63 $\pm$ 0,25	2,46 $\pm$ 0,18	2,72 $\pm$ 0,27	2,57 $\pm$ 0,20
	I	2,29 $\pm$ 0,14	2,08 $\pm$ 0,19	2,19 $\pm$ 0,26	2,02 $\pm$ 0,22
	II	2,51 $\pm$ 0,25	2,18 $\pm$ 0,28	2,04 $\pm$ 0,24	2,13 $\pm$ 0,20
Тригліцериди, ммоль/л	К	1,88 $\pm$ 0,21	1,68 $\pm$ 0,24	1,95 $\pm$ 0,12	2,06 $\pm$ 0,20
	I	2,05 $\pm$ 0,13	2,48 $\pm$ 0,18	2,36 $\pm$ 0,12	2,10 $\pm$ 0,23
	II	1,94 $\pm$ 0,17	2,20 $\pm$ 0,24	2,15 $\pm$ 0,21	1,75 $\pm$ 0,14
Білірубін загальний, мкмоль/л	К	3,86 $\pm$ 0,31	3,99 $\pm$ 0,28	3,90 $\pm$ 0,27	4,25 $\pm$ 0,24
	I	3,76 $\pm$ 0,22	3,49 $\pm$ 0,17	4,06 $\pm$ 0,25	3,42 $\pm$ 0,19
	II	3,64 $\pm$ 0,16	4,12 $\pm$ 0,22	4,46 $\pm$ 0,26	3,78 $\pm$ 0,24

Примітка: * - $p < 0,05$ – порівняно з підготовчим періодом.

Тварини, яким згодовували Мідь у формі цитрату окремо та в поєднанні з ГТЛ, на кінець основного періоду характеризувалися збільшенням концентрації загального білка до 5 % з подальшим незначним його зниженням по завершенню експерименту. Істотних відмінностей даного показника не було встановлено в жодній групі, однак відмічався перерозподіл альбумінів та глобулінів залежно від кількості кормових добавок у раціоні самців.

Вміст альбумінів у крові тварин I і II дослідних груп зменшувався вже після першого місяця згодовування кормових добавок, з максимальним зниженням по закінченню експерименту на 12,9 % і 16,5 % ($p < 0,05$), що становило менші показники порівняно з інтактною групою. При згодовуванні кнурам-плідникам Міді у формі цитрату в кількості 5 % вище за норму кількість глобуліну поступово зростала протягом досліджу, де найвищі показники були встановлені на кінець заключного періоду ($p < 0,05$). Додавання до основного раціону самців комплексної кормової добавки супроводжувалося збільшенням концентрації глобулінів на 19,1 % ($p < 0,05$) на 45-ту добу споживання з незначним зниженням по закінченню досліджень.

Встановлено, що в період згодовування Міді у формі цитрату на 5 % більше норми, вміст сечовини у крові кнурів-плідників становив на 6,0 % нижче відносно початку досліджу, проте, при переведенні самців на основний раціон, рівень цього метаболіту збільшувався на 13,0 % порівняно з основним періодом. У тварин, які споживали даний мікроелемент у комплексі з ГТЛ, максимальне зниження сечовини відмічалося на кінець основного й заключного періодів, що було нижче відносно інших груп у межах від 4,4 % до 16,8 %.

Зниження вмісту креатиніну в крові кнурів-плідників відмічалося в обох дослідних групах уже після першого місяця згодовування кормових добавок, проте вірогідне зменшення було встановлено у тварин, які споживали цитрат Міді в комплексі з ГТЛ по закінченню основного і заключного періодів, а різниця з початком експерименту становила 11,9 % ($p < 0,05$) і 11,7 % ($p < 0,05$) відповідно.

У кнурів-плідників I дослідної групи максимальне збільшення концентрації глюкози в крові відмічалося на 30-ту добу згодовування Міді у формі цитрату на 5 % вище норми, з подальшим незначним її зниженням. При цьому, у самців II дослідної групи виявлено зменшення вмісту глюкози протягом всього експерименту, з досягненням найнижчих значень у заключний період.

Рівень холестерину в крові тварин контрольної групи протягом експерименту коливався в межах 2,4–2,7 ммоль/л, тоді як у дослідних групах від 2,0 до 2,5 ммоль/л, що свідчить про незначні зміни ліпідного обміну при вживанні кормових добавок. Необхідно відмітити, що зниження кількості холестерину в крові кнурів-плідників відмічалось уже на 30-ту добу основного періоду, а ефект після дії тривав щонайменше місяць.

Встановлено, що згодовування цитрату Міді окремо або в поєднанні з ГТЛ сприяло збільшенню вмісту тригліцеридів у крові кнурів-плідників на 30-ту і 45-ту добу основного періоду відповідно на 20,9 % і 13,4 % та 15,1 % і 10,8 %, що переважало інтактну групу в межах 10,2–47,6 %. Після переведення дослідних тварин на основний раціон відмічалось зниження рівня тригліцеридів, де найнижчий показник був у крові самців II групи.

При згодовуванні цитрату Міді окремо або в комплексі з ГТЛ відмічалась різниця впливу даних кормових добавок на вміст загального білірубіну. Так, у кнурів-плідників I дослідної групи спостерігалась лабільність цього показника, де на 30-ту добу споживання кормової добавки відбувалося зниження кількості білірубіну, з досягненням максимального значення після 45-ї доби. Тоді, як у тварин II дослідної групи було встановлено поступове збільшення концентрації цього метаболіту по закінченні основного періоду, що переважало контрольну і I дослідну групу відповідно на 14,4 % і 9,9 %.

Проведені дослідження із згодовування біологічно активних речовин кнурам-плідникам вказують на зміну активності ензимів, які є біомаркерами загального стану організму. При згодовуванні Міді у формі цитрату в кількості 5 % вище норми відмічалось підвищення рівня ЛФ на 8,4 % по закінченню основного періоду, тоді як додавання до комбікорму цього мікроелементу в комплексі з ГТЛ сприяло зниженню активності даного ензиму на 14,6 %, а різниця цих показників становила 22,6 % ($p < 0,05$) (табл. 3.18). Подібна тенденція зберігалася й по закінченню заключного періоду.

Активність АЛТ у крові кнурів-плідників знижувалась протягом згодовування цитрату Міді в межах 5,8–19,3 % відносно підготовчого періоду.

Продовж основного періоду у самців, які споживали комплексну кормову добавку рівень АЛТ збільшувався на 10,6 % (30-та доба) і 18,5 % (45-та доба). При переведенні кнурів-плідників на основний раціон відмічався зворотній ефект, у тварин I дослідної групи цей показний підвищувався, тоді як у II дослідної групи знижувався. У кнурів-плідників I і II дослідних груп активність АСТ була в межах 22,3–26,7 Мо/л та 19,6–22,7 Мо/л, де максимальне значення відмічалось на 30-ту добу основного періоду з подальшим зниженням цього показника до кінця експерименту.

Таблиця 3.18

**Активність ензимів у крові кнурів-плідників за згодовування
кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, $n=3$)**

Показники	Група	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Лужна фосфатаза Мо/л	К	47,19 $\pm$ 3,73	52,79 $\pm$ 3,54	50,35 $\pm$ 2,48	48,23 $\pm$ 1,96
	I	51,49 $\pm$ 2,67	48,69 $\pm$ 1,93	55,80 $\pm$ 2,34	53,41 $\pm$ 1,69
	II	50,62 $\pm$ 2,83	47,38 $\pm$ 2,32	43,21 $\pm$ 2,75•	44,51 $\pm$ 3,32
Аланинаміно- трансфераза Мо/л	К	19,69 $\pm$ 1,75	21,18 $\pm$ 1,98	18,54 $\pm$ 1,29	19,10 $\pm$ 1,69
	I	21,96 $\pm$ 1,47	17,71 $\pm$ 2,06	20,67 $\pm$ 2,56	23,55 $\pm$ 2,76
	II	20,44 $\pm$ 1,37	22,61 $\pm$ 1,72	24,22 $\pm$ 1,71	18,28 $\pm$ 2,24
Аспартатаміно- трансфераза Мо/л	К	24,77 $\pm$ 2,39	22,73 $\pm$ 1,93	21,05 $\pm$ 2,05	20,16 $\pm$ 2,46
	I	22,76 $\pm$ 1,68	26,73 $\pm$ 2,07	24,77 $\pm$ 1,77	22,32 $\pm$ 2,56
	II	21,16 $\pm$ 1,46	22,75 $\pm$ 1,32	19,64 $\pm$ 1,29	20,38 $\pm$ 2,20
Лактатдегідрогеназа Мо/л	К	426,49 $\pm$ 22,01	415,96 $\pm$ 21,44	390,04 $\pm$ 20,29	408,72 $\pm$ 15,77
	I	403,52 $\pm$ 16,45	463,25 $\pm$ 23,20	420,42 $\pm$ 21,39	465,37 $\pm$ 20,89
	II	400,59 $\pm$ 24,32	409,10 $\pm$ 20,08	443,04 $\pm$ 22,07	433,22 $\pm$ 20,73
Гамма- глутамилтрансфераза Мо/л	К	23,04 $\pm$ 1,66	20,09 $\pm$ 1,29	24,38 $\pm$ 1,66	21,46 $\pm$ 1,52
	I	26,19 $\pm$ 2,31	18,25 $\pm$ 1,62	18,53 $\pm$ 1,59	23,67 $\pm$ 1,98
	II	24,12 $\pm$ 2,19	22,35 $\pm$ 1,98	17,07 $\pm$ 1,90	25,55 $\pm$ 2,47
Альфа-Амілаза Мо/л	К	52,76 $\pm$ 3,22	54,66 $\pm$ 3,59	50,30 $\pm$ 3,07	51,57 $\pm$ 2,57
	I	58,11 $\pm$ 3,75	46,30 $\pm$ 2,85	54,37 $\pm$ 2,27	53,13 $\pm$ 2,15
	II	53,52 $\pm$ 3,06	52,13 $\pm$ 3,76	51,46 $\pm$ 2,87	47,59 $\pm$ 2,66

Примітка: • - $p < 0,05$ – порівняно з I дослідною групою.

Активність АЛТ у крові кнурів-плідників знижувалась протягом згодовування цитрату Міді в межах 5,8–19,3 % відносно підготовчого періоду. Продовж основного періоду у самців, які споживали комплексну кормову добавку рівень АЛТ збільшувався на 10,6 % (30-та доба) і 18,5 % (45-та доба). При переведенні кнурів-плідників на основний раціон відмічався зворотній ефект, у тварин I дослідної групи цей показний підвищувався, тоді як у II

дослідної групи знижувався. У кнурів-плідників I і II дослідних груп активність АСТ була в межах 22,3–26,7 Мо/л та 19,6–22,7 Мо/л, де максимальне значення відмічалось на 30-ту добу основного періоду з подальшим зниженням цього показника до кінця експерименту.

Встановлено, що при додаванні до раціону кнурів-плідників Міді у формі цитрату в кількості 5% вище норми активність ЛДГ змінювалася залежно від тривалості згодовування. Так, у тварин I дослідної групи рівень ЛДГ на 30-ту добу основного періоду був вищим відносно початку дослідів на 14,8 %, тоді як на 45-ту лише на 4,2 %. Самці II дослідної групи характеризувались збільшенням активності цього ензиму по закінченню основного періоду на 10,6 %, а перевага над контрольною і I дослідною групами становила відповідно 13,6 % і 5,4 %.

При згодовуванні цитрату Міді окремо або в поєднанні з ГТЛ протягом 45-ти діб відмічалось зниження активності ГГТ у крові кнурів-плідників I дослідної на 30,3 % та II дослідної на 29,2 %, що нижче відносно інтактних тварин відповідно на 25,1 % і 29,9 %. Необхідно відмітити, що при переведенні самців на основний раціон було встановлено збільшення рівня цього ензиму в обох дослідних групах.

Активність альфа-амілази істотно знижувалася після першого місяця споживання кнурами-плідниками Міді у формі цитрату на 5 % більше норми, а різниця відносно інших тварин становила 15,3 % (контрольна група) і 11,2 % (II дослідна група). При подальшому додаванні цього мікроелементу до раціону відмічалось збільшення рівня альфа-амілази, а даний ефект спостерігався щонайменше 30 діб після припинення згодовування мінеральної добавки. Протягом основного періоду у самців II дослідної групи не було встановлено вагомих змін за активністю досліджуваного ензиму, проте в заключний період даний показник був меншим відносно початку експерименту на 11,1 %.

Після першого місяця споживання Міді у формі цитрату на 5 % більше норми в крові кнурів-плідників відмічалось збільшення концентрації

неорганічного Фосфору на 26,7 % відносно підготовчого періоду, але подальше згодовування цього мікроелементу сприяло зниженню досліджуваного показника (табл. 3.19.).

Таблиця 3.19

**Вміст макроелементів у крові кнурів-плідників за згодовування
кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, $n=3$)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Неорг.фосфор, ммоль/л	К	1,63±0,16	1,70±0,19	1,73±0,23	1,68±0,25
	I	1,50±0,21	1,90±0,27	1,42±0,22	1,51±0,20
	II	1,74±0,18	1,87±0,22	1,95±0,19	1,90±0,18
Калій, ммоль/л	К	4,56±0,33	4,43±0,19	4,60±0,23	4,33±0,28
	I	4,65±0,21	4,20±0,19	4,12±0,24	4,71±0,19
	II	4,20±0,24	4,83±0,26	4,05±0,27	4,20±0,24
Натрій ммоль/л	К	140,41±3,33	137,25±3,03	145,54±2,32	132,52±2,09
	I	136,79±2,57	130,74±2,66	133,30±2,11	142,42±3,22
	II	139,75±2,51	144,62±3,26	130,89±2,39	148,66±2,49
Хлор ммоль/л	К	120,31±2,08	128,43±2,92	122,40±2,63	125,09±2,63
	I	127,52±2,22	122,08±2,93	132,47±3,74	136,68±3,27
	II	121,69±2,28	125,52±2,45	120,52±1,38	122,51±1,69•

Примітка: •- $p < 0,05$ – порівняно з I дослідною групою.

У тварин, які додатково до раціону отримували комплексну кормову добавку, збільшення кількості неорганічного Фосфору відмічалось протягом всього експерименту, а максимальні значення виявлено на кінець основного та заключного періодів, що вище відносно контрольної на 12,7 % і 13,1 % та I дослідної груп на 37,3 % і 25,8 %.

Зменшення вмісту Калію в крові кнурів-плідників I дослідної групи відмічалось в період згодовування цитрату Міді на 9,7–11,4 %, при цьому в заключний період кількість цього макроелементу була вищою ніж на початку експерименту. У тварин II дослідної групи, концентрація Калію в цій тканині збільшувалася на 15,0 % після першого місяця основного періоду, проте подальше згодовування комплексної кормової добавки супроводжувалося зниженням цього показника на 16,1 % відносно 30-ї доби основного періоду, що було менше порівняно з інтактною групою на 11,9 %.

Кількість Натрію в крові самців, яким згодовували цитрат Міді окремо або в комплексі з ГТЛ, знижувалася по закінченню основного періоду відповідно на 2,6 % (I дослідна група) і 6,3 % (II дослідна група), однак різниця з контрольною групою становила 8,4 % і 10,1 % відповідно. Після переведення кнурів-плідників I і II дослідних груп на основний раціон було встановлено збільшення вмісту Натрію, а перевага над інтактною групою становила 7,5 % і 12,2 % відповідно.

При додаванні до основного раціону кнурів-плідників Міді у формі цитрату в кількості 5% вище за норму, вміст Хлору дещо збільшувався на кінець основного й заключного періодів, тоді як при згодовуванні комплексної добавки істотних змін не було встановлено.

Провідну роль у формуванні ПАГ відіграє забезпечення організму тварин оптимальним надходженням біологічно активних речовин, які мають антиоксидантні властивості. При згодовуванні кнурам-плідникам цитрату Міді окремо або в комплексі з ГТЛ відмічалася різниця інтенсивності перебігу процесів пероксидації в їх крові (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

Інтенсивність процесів пероксидації в крові кнурів-плідників за згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, $n=3$)

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заклучний
			30 доба	45 доба	
Дієнові кон'югати, мкмоль/л	K	2,09 $\pm$ 0,22	2,30 $\pm$ 0,36	2,12 $\pm$ 0,41	2,28 $\pm$ 0,29
	I	2,19 $\pm$ 0,35	1,86 $\pm$ 0,48	1,80 $\pm$ 0,33	2,05 $\pm$ 0,50
	II	2,02 $\pm$ 0,29	2,57 $\pm$ 0,35	2,75 $\pm$ 0,43	2,47 $\pm$ 0,29
ТБК-активні сполуки до інкубування мкмоль/л	K	18,60 $\pm$ 2,18	20,34 $\pm$ 4,19	20,55 $\pm$ 2,33	21,75 $\pm$ 2,69
	I	15,43 $\pm$ 2,61	16,89 $\pm$ 2,53	17,42 $\pm$ 2,39	18,91 $\pm$ 2,32
	II	17,35 $\pm$ 2,60	24,66 $\pm$ 2,15	23,13 $\pm$ 2,79	14,63 $\pm$ 2,09
ТБК-активні сполуки після інкубування мкмоль/л	K	23,39 $\pm$ 2,66	25,32 $\pm$ 3,86	24,12 $\pm$ 1,83	23,78 $\pm$ 3,44
	I	19,85 $\pm$ 3,15	19,25 $\pm$ 2,07	20,26 $\pm$ 1,69	22,42 $\pm$ 2,11
	II	27,54 $\pm$ 1,71	26,46 $\pm$ 1,56	28,79 $\pm$ 3,03	15,82 $\pm$ 2,24*

Примітка: * - $p < 0,05$ – порівняно з підготовчим періодом.

При згодовуванні Міді у формі цитрату в кількості 5 % більше норми протягом 45-ти діб – відмічалася зниження вмісту ДК на 17,8 % відносно

підготовчого періоду. А додавання комплексної кормової добавки до раціону кнурів-плідників мало зворотній вплив, що проявлялося в підвищенні кількості первинних продуктів ПОЛ у крові дослідних тварин на 36,1 %, а перевага над іншими групами становила 29,7 % (контрольна група) і 52,8 % (І дослідна група).

Вміст ТБК-активних сполук у крові тварин І дослідної групи протягом експерименту коливався від 15,4 до 18,91 мкмоль/л та не мав істотної різниці в межах періодів. У кнурів-плідників ІІ дослідної групи збільшення рівня цього метаболіту на 42,1 % відмічалось вже після першого місяця згодовування цитрату Міді в поєднанні з ГТЛ, що вище відносно інтактної та І дослідної груп відповідно на 21,2 % і 46,0 %. Необхідно відмітити, що після переведення кнурів-плідників на основний раціон було встановлено зниження вмісту ТБК-активних сполук у крові тварин ІІ дослідної групи, а даний показник був нижчим порівняно з іншими групами на 32,7 % (контрольна група) і 22,6 % (І дослідна група).

Після інкубування зразків крові кнурів-плідників І дослідної групи в прооксидантному буфері відбувалось збільшення вмісту цього метаболіту було в межах 13,9–18,6 %, тоді як у тварин ІІ дослідної підвищувався на 7,3–8,1 %, окрім 45-ї доби основного періоду, де даний показник інтенсивно зростав – 24,5 %.

Зміни інтенсивності процесів пероксидації головним чином зумовлені рівнем ензимних та низькомолекулярних антиоксидантів у крові, які нейтралізують вільні радикали, перериваючи при цьому ланцюг ПОЛ. У крові кнурів-плідників І і ІІ дослідних груп на 30-ту добу основного періоду відмічалось підвищення активності СОД на 7,2 % і 14,3 % відповідно, з подальшим зниженням на 45-ту добу експерименту (табл. 3.21.). При цьому необхідно відмітити, що на кінець основного і заключного періодів рівень СОД був меншим у крові дослідних тварин І і ІІ дослідних груп порівняно з інтактними тваринами відповідно на 7,3 % і 25,4 % та 16,4 % і 25,7 %.

Таблиця 3.21

**Стан системи антиоксидантного захисту в крові кнурів-плідників за
згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, $n=3$)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Супероксиддисмутаза, у.о./мл	К	0,295 $\pm$ 0,022	0,315 $\pm$ 0,027	0,303 $\pm$ 0,032	0,323 $\pm$ 0,028
	I	0,320 $\pm$ 0,032	0,343 $\pm$ 0,037	0,281 $\pm$ 0,020	0,270 $\pm$ 0,025
	II	0,308 $\pm$ 0,025	0,352 $\pm$ 0,028	0,226 $\pm$ 0,022	0,240 $\pm$ 0,024
Каталаза, H ₂ O ₂ /хв./л	К	130,83 $\pm$ 15,22	143,33 $\pm$ 12,20	150,17 $\pm$ 10,75	148,84 $\pm$ 10,28
	I	145,38 $\pm$ 15,38	136,62 $\pm$ 14,98	128,70 $\pm$ 13,77	121,18 $\pm$ 7,49
	II	151,61 $\pm$ 14,63	130,81 $\pm$ 15,05	120,33 $\pm$ 12,38	124,55 $\pm$ 12,01
Відновлений глутатіон, мкмоль/л	К	0,267 $\pm$ 0,030	0,275 $\pm$ 0,031	0,255 $\pm$ 0,029	0,283 $\pm$ 0,022
	I	0,286 $\pm$ 0,031	0,241 $\pm$ 0,029	0,312 $\pm$ 0,023	0,269 $\pm$ 0,027
	II	0,299 $\pm$ 0,028	0,225 $\pm$ 0,024	0,299 $\pm$ 0,019	0,237 $\pm$ 0,019
Аскорбінова кислота, мкмоль/л	К	8,73 $\pm$ 1,16	7,84 $\pm$ 1,08	8,44 $\pm$ 1,55	8,34 $\pm$ 1,42
	I	8,54 $\pm$ 1,48	8,36 $\pm$ 1,21	7,83 $\pm$ 1,00	9,68 $\pm$ 0,94
	II	7,96 $\pm$ 1,09	6,54 $\pm$ 0,74	7,38 $\pm$ 0,91	10,87 $\pm$ 0,99
Дегідроаскорбінова кислота, мкмоль/л	К	8,13 $\pm$ 1,18	8,61 $\pm$ 0,73	9,26 $\pm$ 0,98	10,24 $\pm$ 1,82
	I	7,79 $\pm$ 0,88	11,22 $\pm$ 1,36	12,84 $\pm$ 1,41	11,57 $\pm$ 1,75
	II	8,31 $\pm$ 0,77	9,57 $\pm$ 0,91	9,02 $\pm$ 0,85	9,25 $\pm$ 1,35

Встановлено, що активність КТ в крові кнурів-плідників, які споживали цитрат Міді окремо та в поєднанні з ГТЛ, зменшувалася вже після першого місяця основного періоду, з максимальним зниженням по закінченню заключного періоду на 16,6 % і 17,8 % відповідно. Водночас у цій тканині тварин інтактної групи рівень даного ензиму збільшувався протягом всього експерименту, що переважало дослідні групи в межах 4,6–19,9 %.

Протягом експерименту лабільність вмісту відновленого глутатіону відмічалася у крові самців усіх груп. Згодовування кнурам-плідникам кормових добавок призводило до інтенсивного використання відновленого глутатіону вже після 30-ї доби споживання, де його кількість знижувалася на 15,7 % (I дослідна група) і 24,7 % (II дослідна група). Однак на 45-ту добу основного періоду відмічалася збільшення даного тіолу в крові тварин дослідних груп до початкового значення.

Концентрація АК в крові кнурів-плідників, які споживали Мідь у формі цитрату на 5 % більше норми, знижувалася по закінченню основного періоду на 8,3 %, тоді як при згодовуванні цього мікроелементу в комплексі з ГТЛ зменшення кількості аскорбату відмічалася вже після першого місяця споживання добавки на 17,8 %. У ці ж періоди вміст АК в крові інтактних тварин переважав дослідні групи. Проте після переведення кнурів-плідників на основний раціон, вища кількість АК була встановлена в крові дослідних груп, що більше відносно контрольної групи на 16,1 % (I дослідна група) і 30,3 % (II дослідна група).

При згодовуванні кнурам-плідникам Міді у формі цитрату в кількості 5 % вище за норму відмічалася збільшення ДАК на 44,0 % (30-та доба) і 64,8 % (45-та доба) відносно підготовчого періоду, тоді як у тварин, які споживали комплексну кормову добавку, підвищення було в межах 8,5–15,2 %.

3.2.2. Зміна біохімічних показників та стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в спермі кнурів-плідників

Отримані дані свідчать про істотний вплив досліджуваних кормових добавок на формування ПАГ не тільки в крові, але й у спермі кнурів-плідників. Встановлено суттєві зміни стану компонентів пероксидації у цьому секреті залежно від вмісту кормових добавок у раціоні. Вірогідної міжгрупової різниці концентрації ДК не було встановлено протягом експерименту, однак відмічалася розбіжність впливу згодовування різних добавок на вміст первинних метаболітів пероксидації у спермі самців дослідних груп (табл. 3.22.). У спермі кнурів-плідників, які отримували Мідь у формі цитрату в кількості 5 % вище за норму, концентрація ДК зменшувалася протягом основного періоду на 17,5 % (30 доба), 20,1 % (45 доба) відносно початку експерименту. У ці ж періоди даний показник перевищував контрольну групу на 6,8 % і 10,9 % відповідно. У досліджуваному секреті самців, до основного раціону яких додавали цитрат Міді в поєднанні з ГТЛ відмічалася зміщення

процесів пероксидації в напрямі прискорення, про що свідчить збільшення вмісту ДК після 30-ї і 45-ї діб згодовування на 17,1 % та 20,5 %, що вище порівняно із контрольною і I дослідною групами відповідно на 35,6 % і 26,9 % та 49,7 % і 34,9 %.

Таблиця 3.22.

Інтенсивність процесів пероксидації в спермі кнурів-плідників за згодовування кормових добавок, ($x \pm SE$)

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий, (n=24)	основний		заключний, (n=24)
			30 доба, (n=24)	45 доба, (n=12)	
Дієнові кон'югати, мкмоль/л	К	1,98 $\pm$ 0,19	1,77 $\pm$ 0,22	1,65 $\pm$ 0,25	1,89 $\pm$ 0,21
	I	2,29 $\pm$ 0,47	1,89 $\pm$ 0,18	1,83 $\pm$ 0,31	2,04 $\pm$ 0,20
	II	2,05 $\pm$ 0,17	2,40 $\pm$ 0,30	2,47 $\pm$ 0,32	1,65 $\pm$ 0,24
ТБК-активні сполуки до інкубування мкмоль/л	К	28,19 $\pm$ 2,02	26,19 $\pm$ 3,00	30,34 $\pm$ 3,28	27,63 $\pm$ 2,62
	I	31,87 $\pm$ 6,52	32,65 $\pm$ 2,63	29,22 $\pm$ 2,73	24,39 $\pm$ 1,87
	II	27,76 $\pm$ 1,55	29,15 $\pm$ 2,45	23,29 $\pm$ 3,32	22,28 $\pm$ 2,50
ТБК-активні сполуки після інкубування мкмоль/л	К	32,43 $\pm$ 2,19	31,37 $\pm$ 3,55	35,39 $\pm$ 4,11	33,65 $\pm$ 3,05
	I	34,64 $\pm$ 7,08	36,63 $\pm$ 3,05	31,69 $\pm$ 3,24	27,89 $\pm$ 2,07
	II	33,74 $\pm$ 2,11	35,69 $\pm$ 2,99	29,85 $\pm$ 2,93	30,39 $\pm$ 3,15

У тварин дослідних груп на 30-ту добу основного періоду вміст ТБК-активних сполук був відносно сталим. При цьому подальше споживання кормових добавок сприяло зниженню цього метаболіту на кінець основного й заключного періодів у кнурів-плідників I дослідної на 8,3 % і 23,5 % та II дослідної груп на 16,1 % і 19,7 %. Необхідно відмітити, що у ціж періоди було встановлено найбільшу різницю кількості ТБК-активних сполук, де концентрація вторинних продуктів пероксидації у інтактних тварин переважала II дослідну групу на 23,2 % і 19,4 % відповідно. Після 3-х годинного інкубування зразків сперми в прооксидантному буфері ТБК-активних сполук найбільше зростав у тварин II дослідної групи: на 22,4 % (30 доба), 28,2 % (45 доба) та 36,4 % (заключний період), тоді як у кнурів-плідників I дослідної групи лише на 12,2 %, 8,5 % та 14,4 % відповідно.

Інтенсивність протікання процесів пероксидації в значній мірі визначається вмістом антиоксидантів у спермальній плазмі. Встановлено, що активність СОД знижувалась у спермі кнурів-плідників I та II дослідних груп

протягом всього дослідження. По завершенню основного й заключного періодів рівень СОД був нижчим на 19,1 % і 27,4 % ($p < 0,05$) та 19,8 % і 14,0 % відносно підговчого (табл. 3.23). Протягом експерименту у тварин контрольної групи спостерігалася тенденція до збільшення рівня СОД, що в порівнянні з I і II дослідними групами вище в межах 7,3–22,7 %.

Таблиця 3.23.

Активність ензимів антиоксидантної ланки в спермі кнурів-плідників за згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$)

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий, (n=24)	основний		заклучний, (n=24)
			30 доба, (n=24)	45 доба, (n=12)	
Супероксиддисмутаза, у.о./мл	К	0,357 $\pm$ 0,030	0,424 $\pm$ 0,038	0,388 $\pm$ 0,063	0,364 $\pm$ 0,038
	I	0,398 $\pm$ 0,081	0,379 $\pm$ 0,035	0,322 $\pm$ 0,061	0,319 $\pm$ 0,039
	II	0,413 $\pm$ 0,030	0,393 $\pm$ 0,047	0,300 $\pm$ 0,049*	0,355 $\pm$ 0,033
Каталаза, H ₂ O ₂ /хв./л	К	16,22 $\pm$ 1,59	14,07 $\pm$ 1,74	13,65 $\pm$ 2,29	15,24 $\pm$ 1,62
	I	21,69 $\pm$ 4,44	15,87 $\pm$ 1,77	16,35 $\pm$ 2,34	17,26 $\pm$ 2,05
	II	19,28 $\pm$ 2,15	18,35 $\pm$ 1,86	15,53 $\pm$ 2,15	20,49 $\pm$ 2,76

Примітка: * - $p < 0,05$ – порівняно з підготовчим періодом.

Рівень КТ у досліджуваних зразках сперми зменшувався у всіх групах тварин протягом експерименту. Найбільше зниження активності даного ензиму відмічалось на 45-ту добу основного періоду, та становило на 15,8 % (контрольна група), 24,6 % (I дослідна група) та 19,5 % (II дослідна група). Однак необхідно відмітити, що в спермі тварин, які споживали цитрат Міді окремо та в комплексі з ГТЛ, рівень КТ протягом основного періоду переважав контрольну групу на 12,8 % і 30,4 % (30 доба) та 19,8 % і 13,8 % (45 доба). Подібна тенденція спостерігалася й по завершенню досліду.

При згодовуванні Міді у формі цитрату на 5 % більше норми протягом 45-ти діб вміст відновленого глутатіону в спермі кнурів-плідників збільшувався на 8,4 %, тоді як у тварин, які споживали комплексну кормову добавку, відмічалось інтенсивне використання даного тіолу на 18,9 % (табл. 3.24.). При цьому даний показник у самців дослідних груп був вищим відносно контрольної групи.

Таблиця 3.24.

**Вміст низькомолекулярних антиоксидантів у спермі кнурів-плідників
за згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий (n=24)	основний		заключний (n=24)
			30 доба (n=24)	45 доба (n=12)	
Відновлений глутатіон, мкмоль/л	К	0,291 $\pm$ 0,026	0,287 $\pm$ 0,031	0,265 $\pm$ 0,024	0,214 $\pm$ 0,019
	I	0,287 $\pm$ 0,027	0,273 $\pm$ 0,029	0,311 $\pm$ 0,034	0,232 $\pm$ 0,017
	II	0,344 $\pm$ 0,031	0,224 $\pm$ 0,022	0,279 $\pm$ 0,031	0,248 $\pm$ 0,018
Аскорбінова кислота, мкмоль/л	К	12,72 $\pm$ 0,96	11,88 $\pm$ 1,12	9,44 $\pm$ 0,68	10,79 $\pm$ 0,84
	I	10,91 $\pm$ 1,07	9,61 $\pm$ 0,79	7,28 $\pm$ 0,80*	8,61 $\pm$ 0,59°
	II	11,24 $\pm$ 1,16	8,29 $\pm$ 0,66°	8,48 $\pm$ 0,79	7,87 $\pm$ 0,53°°
Дегідроаскорбінова кислота, мкмоль/л	К	12,17 $\pm$ 1,02	10,44 $\pm$ 0,89	12,07 $\pm$ 1,39	12,54 $\pm$ 1,08
	I	13,61 $\pm$ 1,16	11,54 $\pm$ 0,99	12,61 $\pm$ 1,25	11,63 $\pm$ 0,82
	II	12,68 $\pm$ 1,18	11,86 $\pm$ 0,75	13,32 $\pm$ 1,06	12,24 $\pm$ 1,04

Примітка: * - $p < 0,05$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p < 0,05$, °° - $p < 0,01$ – порівняно з контрольною групою.

Рівень АК у спермі кнурів-плідників знижувався у всіх групах вже після першого місяця основного періоду, з досягненням максимального зменшення по закінченню основного періоду: на 25,8 % (контрольна група), 33,3 % ($p < 0,05$) (I дослідна група) та 24,5 % (II дослідна група). Після припинення згодовування кормових добавок у тварин дослідних груп тенденція щодо посиленого використання аскорбату тривала щонайменше місяць, тоді як у інтактних тварин відмічалася збільшення рівня АК, а перевага над I і II дослідними групами становила 20,2 % ($p < 0,05$) і 27,1 % ($p < 0,01$) відповідно. При цьому вміст ДАК знижувався на 30-ту добу основного періоду, але з подальшим незначним збільшенням.

Аналіз коефіцієнтів кореляцій між компонентами ПАГ крові кнурів-плідників на 45-ту добу основного періоду свідчить про суттєві взаємозв'язки процесів пероксидації із антиоксидантами. Отже, додаткове споживання тваринами цитрату Міді підсилює взаємозв'язки між первинними продуктами пероксидного окиснення – ДК–СОД ($r = -0,92$), ДК–КТ ($r = 0,50$), ДК–АК ($r = 0,64$). При цьому, рівень вторинних продуктів пероксидації суттєво корелював між ТБК-активними сполуками–СОД ($r = -0,98$), ТБК-активними сполуками–ГТ ($r = 0,43$), ТБК-активними сполуками–ДАК ($r = -0,72$).

Згодовування комплексної кормової добавки стимулювало процеси пероксидного окиснення після 30-ї та 45-ї доби вживання, що підтверджується встановленими кореляційними взаємозв'язками. Зокрема рівень функціональної активності антиоксидантних ензимів прямо корелював із вмістом первинних продуктів ПОЛ у крові кнурів-плідників протягом основного періоду між ДК-СОД $r = 0,79$ (30-та доба) і $r = 0,64$ (45-та доба) та ДК-КТ $r = 0,98$ (30-та доба) і $r = 0,91$ (45-та доба). Вміст ДК у крові перебував у суттєвому взаємозв'язку із кількістю відновленого глутатіону $r = 0,9$ на 30-ту добу і $r = 0,4$ на 45-ту добу експерименту, а також негативно корелював із концентрацією АК відповідно $r = -0,95$ і $r = -0,65$.

Виявлено суттєві взаємозв'язки між продуктами пероксидного окиснення й високомолекулярними та низькомолекулярними антиоксидантами на 45-ту добу вживання Міді у формі цитрату в комплексі з ГТЛ в спермі кнурів-плідників. Так, концентрація ДК перебувала у зворотному взаємозв'язку із активністю СОД $r = -0,59$, а кількість ТБК-активних сполук негативно корелювала із вмістом відновленого глутатіону ($r = 0,6$) та АК ($r = 0,39$). Встановлені кореляційні взаємозв'язки підтверджують дію комплексної кормової добавки на стан ПАГ – істотні взаємозв'язки між багаторівневою системою антиоксидантного захисту та інтенсивністю пероксидації в крові та спермі.

При згодовуванні Міді у формі цитрату в кількості 5 % більше норми вміст загального білка в спермі кнурів-плідників становив у межах від 24,17 г/л до 30,93 г/л, де найвищі значення були встановлені на кінець основного періоду, а найнижчі – на 30-ту добу згодовування та в заключний період, що свідчить про лабільність цього показника (табл. 3.25.). У тварин, які споживали цитрат Міді в поєднанні з ГТЛ відмічалось збільшення вмісту загального білка в спермі на 25,9 % (45-та доба), що вище відносно контрольної та І дослідної групи відповідно на 17,4 % і 11,4 %.

Таблиця 3.25.

Біохімічний склад сперми кнурів-плідників за згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, n=6)

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Загальний білок, г/л	К	28,66 $\pm$ 1,48	31,74 $\pm$ 1,33	29,36 $\pm$ 1,77	26,51 $\pm$ 2,08
	I	30,24 $\pm$ 2,34	28,27 $\pm$ 1,92	30,93 $\pm$ 2,02	24,17 $\pm$ 1,63
	II	27,38 $\pm$ 2,00	32,29 $\pm$ 2,43	34,47 $\pm$ 2,65	29,32 $\pm$ 2,342
Сечовина, ммоль/л	К	4,19 $\pm$ 0,38	4,29 $\pm$ 0,34	4,08 $\pm$ 0,33	3,91 $\pm$ 0,25
	I	3,97 $\pm$ 0,34	4,57 $\pm$ 0,28	3,48 $\pm$ 0,17	3,68 $\pm$ 0,24
	II	3,62 $\pm$ 0,21	3,83 $\pm$ 0,23	3,87 $\pm$ 0,28	4,46 $\pm$ 0,36
Креатинін, мкмоль/л	К	73,84 $\pm$ 2,86	70,07 $\pm$ 2,97	75,49 $\pm$ 3,01	71,87 $\pm$ 2,39
	I	67,13 $\pm$ 3,43	85,04 $\pm$ 4,27* ^o	62,46 $\pm$ 2,21 ^o	69,27 $\pm$ 2,93
	II	68,51 $\pm$ 3,29	73,61 $\pm$ 3,92	71,42 $\pm$ 3,15	66,69 $\pm$ 2,91
Холестерин загальний, ммоль/л	К	0,605 $\pm$ 0,039	0,673 $\pm$ 0,057	0,693 $\pm$ 0,068	0,645 $\pm$ 0,058
	I	0,622 $\pm$ 0,048	0,745 $\pm$ 0,040	0,655 $\pm$ 0,046	0,617 $\pm$ 0,054
	II	0,658 $\pm$ 0,055	0,832 $\pm$ 0,066	0,617 $\pm$ 0,053	0,677 $\pm$ 0,033
Аланінаміно-трансфераза, МОД/л	К	35,48 $\pm$ 2,19	33,85 $\pm$ 2,48	40,67 $\pm$ 3,25	37,91 $\pm$ 2,62
	I	33,71 $\pm$ 2,13	31,16 $\pm$ 2,97	35,66 $\pm$ 3,03	41,38 $\pm$ 3,38
	II	30,99 $\pm$ 1,82	37,62 $\pm$ 2,49	47,69 $\pm$ 2,88**•	43,53 $\pm$ 3,18*
Аспартатаміно-трансфераза, МОД/л	К	42,21 $\pm$ 2,65	43,90 $\pm$ 3,79	47,38 $\pm$ 3,44	42,72 $\pm$ 2,38
	I	40,41 $\pm$ 3,39	39,49 $\pm$ 2,79	35,74 $\pm$ 3,11 ^o	43,91 $\pm$ 2,97
	II	39,75 $\pm$ 2,53	38,76 $\pm$ 2,36	46,11 $\pm$ 3,37	50,42 $\pm$ 3,27*

Примітка: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$ – порівняно з підготовчим періодом; ^o - $p < 0,05$ – порівняно з контрольною групою; • - $p < 0,05$ – порівняно з I дослідною групою.

Рівень сечовини в досліджуваному секреті тварин I дослідної групи збільшувався на 15,1 % на 30-ту добу, проте знижувався на 12,3 % на 45-ту добу основного періоду. У тварин II дослідної групи рівень даного метаболіту поступово збільшувався протягом дослідження, з досягненням максимальних значень у заключний період, а перевага над контрольною і I дослідною групою становила 14,1 % і 21,2 % відповідно.

У спермі кнурів-плідників, які споживали Мідь у формі цитрату на 5 % вище за норму виявлено найвищий рівень креатиніну після першого місяця основного періоду, що було вище відносно контрольної та II дослідної групи на 21,4 % ($p < 0,05$) та 13,4 % відповідно. При подальшому згодовуванні органічної форми Міді відмічалось істотне зниження вмісту креатиніну, що нижче відносно інших груп на 17,2 % ($p < 0,05$) і 14,3 %. У тварин II дослідної

групи максимальне збільшення рівня цього метаболіту відмічалось на 30-ту добу основного періоду, з подальшим зниженням до кінця експерименту.

Після першого місяця досліджень рівень холестерину в спермі кнурів-плідників збільшувався у всіх групах тварин, при цьому найнижчий показник був встановлений у інтактних тварин, а найвищий – у самців II дослідної групи, де різниця становила 23,6 %. По закінченню основного й заключного періодів вміст холестерину в спермі варіювався в межах 0,617–0,693 ммоль/л, що не мало вірогідної міжгрупової відмінності.

Максимальна активність АЛТ у спермі кнурів-плідників по закінченню основного періоду була встановлена після згодовування цитрату Міді в комплексі з ГТЛ. При додаванні до раціону даного мікроелемента окремо, відмічався мінімальний рівень цього ензиму, який був нижче відносно контрольної та II дослідної групи відповідно на 12,3 % і 30,1 % ($p < 0,05$). Подібна тенденція була встановлена й при аналізі показників активності АСТ.

Вміст Калію в спермі кнурів-плідників, які споживали Мідь у формі цитрату в кількості 5 % вище за норму протягом 45-ти діб, становив на 19,5 % менше ніж на початку експерименту (табл. 3.26.). При цьому в самців, яким згодовували даний мікроелемент в поєднанні з ГТЛ, кількість Калію в спермі коливалася від 18,14 ммоль/л до 19,68 ммоль/л, що було вище відносно інших груп у межах 8,7–27,3 % протягом всього періоду дослідження.

Таблиця 3.26.

Вміст мінеральних речовин у спермі кнурів-плідників за згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, $n=6$)

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Калій, ммоль/л	К	17,25 $\pm$ 1,44	17,97 $\pm$ 1,94	16,47 $\pm$ 2,03	17,02 $\pm$ 1,87
	I	18,49 $\pm$ 2,49	17,42 $\pm$ 2,82	14,86 $\pm$ 1,40	15,46 $\pm$ 1,17
	II	18,07 $\pm$ 1,77	19,54 $\pm$ 1,88	18,14 $\pm$ 2,06	19,68 $\pm$ 1,71
Натрій, ммоль/л	К	102,59 $\pm$ 2,95	112,66 $\pm$ 3,04	94,56 $\pm$ 2,59	97,87 $\pm$ 3,69
	I	101,69 $\pm$ 1,89	107,28 $\pm$ 3,20	112,69 $\pm$ 3,81 ^{*°}	104,17 $\pm$ 2,97
	II	108,49 $\pm$ 2,65	100,87 $\pm$ 2,96°	103,09 $\pm$ 2,82	101,37 $\pm$ 2,35
Хлор, мкмоль/л	К	90,83 $\pm$ 1,73	96,03 $\pm$ 2,44	97,95 $\pm$ 1,95	92,27 $\pm$ 2,21
	I	89,76 $\pm$ 1,84	96,87 $\pm$ 1,80*	89,94 $\pm$ 1,73°	99,71 $\pm$ 1,89 ^{**°}
	II	90,77 $\pm$ 1,37	95,39 $\pm$ 1,78	90,35 $\pm$ 1,45°	94,68 $\pm$ 2,18

Примітка: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p < 0,05$, °° - $p < 0,01$ – порівняно з контрольною групою.

Рівень Натрію поступово збільшувався в спермі самців I дослідної групи з досягненням максимального значення на кінець основного періоду, що вище відносно початку експерименту на 10,8 % ($p<0,05$), а перевага над іншими групами становила 19,2 % ($p<0,01$) – контрольна та 8,5 % – I дослідна. При додаванні до раціону кнурів-плідників цитрату Міді в комплексі з ГТЛ, відмічалось зниження кількості Натрію в спермі на 7,0 % (30-та доба) і 4,9 % (45-та доба).

При згодовуванні цитрату Міді окремо або в поєднанні з ГТЛ протягом першого місяця основного експерименту, встановлено збільшення кількості Хлору в спермі кнурів-плідників на 7,9 % (I дослідна група) і 5,1 % (II дослідна група), проте подальше згодовування кормових добавок супроводжувалося зниженням цього показника в обох групах, що було менше відносно інтактних тварин на 8,2 % ($p<0,05$) і 7,8 % ($p<0,01$) відповідно.

3.2.3. Якість спермопродукції кнурів-плідників

Дослідження маси еякуляту показало, що додавання до основного раціону кнурів-плідників цитрату Міді окремо в комплексі з ГТЛ сприяло поступовому збільшенню даного показника вже з першого місяця основного періоду з досягненням найвищих значень по закінченню експерименту ($p<0,01$ – $p<0,001$) (табл.3.27.). Найбільша маса еякуляту в період згодовування кормових добавок була встановлена в тварин I дослідної групи, що вище відносно контрольної на 23,5 % ($p<0,001$) на 30-ту добу і 32,6 % ($p<0,001$) на 45-ту добу основного періоду. В інтактної групи еякулят зменшувався протягом всього періоду експерименту та мінімальних значень досягав на кінець заключного періоду, з максимальною різницею цього показника з тваринами I і II дослідних груп: 42,9 % ($p<0,001$) і 47,7 % ($p<0,001$).

В основний період дослідження тенденція щодо збільшення концентрації сперматозоїдів спостерігалась у тварин контрольної групи. Водночас у кнурів-плідників дослідних груп даний показник знижувався в період згодовування цитрату Міді окремо або в комплексі з ГТЛ. Ймовірно, це пов'язано з

від'ємною кореляцією маси еякуляту з концентрацією сперматозоїдів. Однак, в заключний період, після переведення самців на основний раціон, концентрація гамет у досліджуваному секреті тварин I дослідної групи дещо збільшувалася та переважала контрольну та II дослідну групи відповідно на 21,0 % ($p<0,01$) та 26,2 % ($p<0,001$).

Таблиця 3.27.

**Якість спермопродукції кнурів-плідників за
згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий, (n=24)	основний		заклучний (n=24)
			30 доба, (n=24)	45 доба, (n=12)	
Маса еякуляту, г	К	261,75±9,09	232,58±7,09	212,50±7,65	204,13±7,24
	I	244,63±8,55	287,13±9,18 ooo	281,83±12,19 *ooo	291,88±7,45 ***ooo
	II	257,63±9,64	268,33±7,01 oo	265,50±10,34 ooo	301,54±9,59 **ooo
Концентрація сперматозоїдів, млн/см ³	К	189,21±5,54	211,96±8,23	217,08±10,59	183,71±8,29
	I	218,33±7,04	198,75±6,76	189,83±9,03	222,38±8,59 oo
	II	227,58±4,12	209,29±3,73	223,17±9,89	176,17±7,37 ...
Загальна кількість сперматозоїдів в еякуляті, млрд.	К	49,68±2,42	49,29±2,43	45,73±2,06	37,70±2,30
	I	52,58±1,63	56,09±1,60°	52,90±2,67	64,78±2,93 **ooo
	II	58,30±2,13	56,14±1,71°	59,24±3,34 oo	53,49±3,00 .
Кількість живих сперматозоїдів в еякуляті, млрд.	К	42,76±2,27	42,28±2,34	39,57±1,91	31,77±2,06
	I	44,16±1,48	47,97±1,36	46,41±2,68	55,72±2,99 ***ooo
	II	48,70±2,19	49,58±1,57	53,32±3,11 ooo	46,72±2,78 .
Рухливість сперматозоїдів, %	К	85,83±1,44	85,42±1,32	86,67±2,15	84,58±1,56
	I	84,17±1,66	85,83±1,44	87,50±1,72	85,42±1,56
	II	83,33±1,74	88,33±0,96 *	90,00±1,18 **	87,08±1,10
Виживаність сперматозоїдів, %	К	66,67±1,63	63,75±1,75	65,83±2,76	64,58±2,13
	I	70,00±1,87	65,83±1,76	69,17±2,49	70,00±2,04
	II	67,50±1,98	70,42±1,91	73,33±1,80 *o	74,17±1,66 *oo

Примітка: * - $p<0,05$; ** - $p<0,01$; *** - $p<0,001$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p<0,05$; °° - $p<0,01$; °°° - $p<0,001$ – порівняно з контрольною групою; • - $p<0,05$; ... - $p<0,001$ – порівняно з I дослідною групою.

При введенні різних добавок до раціону кнурів-плідників встановлено коливання загальної кількості сперматозоїдів в еякуляті, однак відмічалася перевага даного показника в дослідних групах відносно інтактних тварин. Так на 30-ту і 45-ту доби основного періоду насиченість сперматозоїдів в еякуляті кнурів-плідників I дослідної групи була вищою на 13,8 % ($p<0,05$) і 13,9 % ($p<0,05$) та II дослідної груп на 15,7 % і 29,5 % ($p<0,01$). На кінець експерименту найвища чисельність гамет відмічалась у тварин, які споживали Мідь у формі цитрату на 5 % більше норми, що відносно інтактної та II дослідної груп вище відповідно на 71,8 % ($p<0,001$) і 20,7 % ($p<0,05$).

У тварин, яким згодовували Мідь у формі цитрату в кількості 5 % понад норму по закінченню першого місяця дослідів відмічалось збільшення кількості живих сперматозоїдів в еякуляті на 8,6 %. При додаванні до раціону комплексної кормової добавки позитивний ефект відмічався після 45-ї доби основного періоду та проявлявся в підвищенні даного показника на 9,5 %, що порівняно з контрольною та I дослідною групами вище відповідно на 34,7 % ($p<0,001$) і 14,9 %.

Експериментальні дані свідчать, що за функціональними показниками сперматозоїди були неоднаковими у кнурів-плідників різних груп. Встановлено, що рухливість цих гамет у контрольній групі становила в межах 84,5–86,6 %, що свідчить про відсутність істотної різниці активності гамет протягом експерименту. У кнурів-плідників, які споживали Мідь у формі цитрату в кількості 5 % вище за норму відмічалось поступове підвищення рухливості сперматозоїдів до 87,5 %, проте максимальними значеннями характеризувалися самці, до раціону яких додавали комплексну кормову добавку протягом 45-ти діб.

Важливим показником запліднюючої здатності сперматозоїдів є їх виживаність у статевих шляхах самки. При цьому 3-х годинне інкубування цих клітин при температурі 38°C дозволяє імітувати перебування сперматозоїдів у рогах матки свинок. У кнурів-плідників I дослідної групи виживаність

сперматозоїдів після першого місяця експерименту знижувалася на 5,9 %, проте на кінець основного і заключного періодів становила на рівні початкових значень. Тоді як у тварин II дослідної групи відмічався вищий рівень живих сперматозоїдів після інкубування на 30-ту добу на 4,3 %, 45-ту добу основного періоду на 8,6 % ($p < 0,05$), кінець заключного періоду на 9,9 % ($p < 0,05$) відносно початку експерименту, що вище інших груп в межах 6,0–14,0 % ($p < 0,05$ – $p < 0,01$).

Згодовування Міді у формі цитрату в дозі 5 % понад норму впродовж одного місяця призводило до посилення взаємозв'язків між показниками рухливості та виживаності сперматозоїдів до вмісту відновленого глутатіону відповідно $r = 0,32$ і $r = 0,46$. Із збільшенням терміну вживання досліджуваних кормових добавок (45-та доба) відбувалося посилення взаємозв'язків. Вміст АК корелював із рухливістю ($r = -0,29$) та виживаністю сперматозоїдів ($r = -0,59$).

Вживання комплексної біологічно активної добавки кнурами-плідниками II дослідної групи зумовлювало посилення взаємозв'язку між рухливістю та вмістом відновленого глутатіону до рівня $r = 0,35$ (45-та доба) і $r = 0,32$ (заклучний період).

Структура сперматозоїдів значною мірою визначає їх здатність до прямолінійно-поступального руху, а отже, і запліднюючої здатності. При додаванні до основного раціону кнурів-плідників Міді у формі цитрату на 5 % більше норми протягом 30-ти діб відмічалось збільшення загальної довжини сперматозоїдів ($p < 0,001$), проте подальше згодовування цього мікроелементу призводило до зниження довжини гамет ($p < 0,01$), а ефект після дії тривав щонайменше місяць (табл. 3.28.). Споживання самцями комплексної кормової добавки супроводжувалося поступовим зменшенням загальної довжини сперматозоїдів, з досягненням найнижчих значень на кінець основного періоду ($p < 0,001$).

Таблиця 3.28.

**Морфометричні показники сперматозоїдів кнурів-плідників
за згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, n = 300)**

Показники	Групи	Період експерименту			
		підготовчий	основний		заключний
			30 доба	45 доба	
Загальна довжина сперматозоїдів, мкм	К	54,61 $\pm$ 0,17	56,29 $\pm$ 0,16	54,86 $\pm$ 0,14	55,22 $\pm$ 0,17
	I	55,14 $\pm$ 0,18	56,06 $\pm$ 0,14 ***	54,53 $\pm$ 0,14 **	55,08 $\pm$ 0,16
	II	55,82 $\pm$ 0,16	55,46 $\pm$ 0,18 ooo..	54,79 $\pm$ 0,16 ***	55,03 $\pm$ 0,16 ***
Довжина головки, мкм	К	8,95 $\pm$ 0,04	9,09 $\pm$ 0,04	8,89 $\pm$ 0,04	8,94 $\pm$ 0,04
	I	8,92 $\pm$ 0,04	9,14 $\pm$ 0,04 ***	8,84 $\pm$ 0,04	8,73 $\pm$ 0,04 ***ooo
	II	8,79 $\pm$ 0,03	9,03 $\pm$ 0,03 ***.	8,99 $\pm$ 0,04 ***..	9,02 $\pm$ 0,05 ***...
Ширина головки, мкм	К	4,21 $\pm$ 0,02	4,19 $\pm$ 0,02	4,27 $\pm$ 0,02	4,25 $\pm$ 0,02
	I	4,20 $\pm$ 0,02	4,23 $\pm$ 0,02	4,16 $\pm$ 0,02 ooo	4,14 $\pm$ 0,02 *ooo
	II	4,19 $\pm$ 0,02	4,17 $\pm$ 0,02 .	4,18 $\pm$ 0,02 oo	4,23 $\pm$ 0,02 ..
Об'єм головки, мкм ³	К	83,91 $\pm$ 0,88	84,42 $\pm$ 0,86	85,67 $\pm$ 0,89	86,12 $\pm$ 1,27
	I	83,24 $\pm$ 0,86	86,45 $\pm$ 0,98 *	80,53 $\pm$ 0,82 *ooo	79,92 $\pm$ 1,16 *ooo
	II	81,29 $\pm$ 0,78	82,62 $\pm$ 0,74..	83,06 $\pm$ 0,86 o.	87,01 $\pm$ 1,39 ***...
Довжина тіла, мкм	К	10,66 $\pm$ 0,06	10,99 $\pm$ 0,05	10,66 $\pm$ 0,05	10,48 $\pm$ 0,08
	I	10,86 $\pm$ 0,06	10,99 $\pm$ 0,05	10,59 $\pm$ 0,05 ***	10,54 $\pm$ 0,06 ***
	II	10,92 $\pm$ 0,06	11,10 $\pm$ 0,06 *	10,62 $\pm$ 0,06 ***	10,52 $\pm$ 0,07 ***
Аномалії, %	К	10,9	9,3	8,7	9,8
	I	12,0	7,7	6,2	7,6
	II	8,6	6,8	5,4	5,0

Примітка: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ – порівняно з підготовчим періодом; ° - $p < 0,05$; °° - $p < 0,01$; °°° - $p < 0,001$ – порівняно з контрольною групою; · - $p < 0,05$; ·· - $p < 0,01$, ··· - $p < 0,001$ – порівняно з I дослідною групою.

Згодовування кнурам-плідникам Міді у формі цитрату в кількості 5 % вище за норму сприяло збільшенню довжини головки на 2,5 % ($p < 0,001$) на 30-ту добу основного періоду, проте подальше споживання супроводжувалося зменшенням цього показника з досягненням мінімального розміру по закінченню експерименту ($p < 0,001$). У самців, до раціону яких додавали комплексну кормову добавку, довжина головки була більшою на 2,7 % ($p < 0,001$) (30-та доба), 2,3 % ($p < 0,001$) (45-та доба) і 2,6 % ($p < 0,001$)

(75- та доба) відносно початку дослід, що переважала ($p < 0,001$) І дослідну групу на кінець основного й заключного періодів.

Протягом експерименту в кнурів-плідників контрольної та дослідних груп відмічалось коливання ширини головки сперматозоїдів, проте на кінець основного й заключного періодів її максимальний показник був встановлений у інтактних тварин, що відносно інших груп вище в межах 2,1–2,6 % ($p < 0,01$ – $p < 0,001$).

Зміни розмірів головки сперматозоїдів призводили до коливання величини її об'єму. Так, у тварин, які вживали цитрат Міді на 5 % вище норми протягом місяця, об'єм головки збільшувався ($p < 0,05$) та мав найвищі показники серед інших груп ($p < 0,01$). Проте по закінченню основного й заключного періодів об'єм головки сперматозоїдів переважав у самців ($p < 0,05$ – $p < 0,001$), яким згодовували комплексну кормову добавку. Встановлено, що згодовування кнурам-плідникам цитрату Міді окремо та в комплексі з ГТЛ призводило до зниження довжини тіла сперматозоїдів на кінець основного ($p < 0,001$) й заключного періодів ($p < 0,001$).

Протягом експерименту була встановлена міжгрупова та міжперіодна різниця кількості сперматозоїдів з аномальною морфологією. На 30-ту добу основного періоду найменша чисельність гамет з морфометричними порушеннями була встановлена в кнурів-плідників, які споживали комплексну кормову добавку, а найбільша – у тварин інтактної групи, за таких умов розбіжність показників становило 2,5 %. Подібна тенденція відмічалась й на кінець основного і заключного періодів.

Згодовування кнурам-плідникам цитрату Міді окремо та в поєднанні з ГТЛ сприяло перерозподілу сперматозоїдів за класами (Рис.3.3.). На початку експерименту у тварин всіх груп найбільша кількість сперматозоїдів відносилася до класів 51–55 мкм і 56–60 мкм, зокрема 57,6 % і 29,7 % (контрольна група), 50,7 % і 37,0 % (І дослідна група), 51,7 % і 41,0 % (ІІ дослідна група). По закінченню основного періоду відмічалось істотне збільшення кількості сперматозоїдів (до 70,6 %) із загальною

довжиною від 51 мкм до 55 мкм в самців, які споживали Мідь у формі цитрату на 5 % більше норми. Водночас відмічалось зменшення чисельності сперматозоїдів, які мали довжину гамет більше 56 мкм. Подібна тенденція відмічалася й у самців контрольної та II дослідної груп, однак дані зміни були не істотними.

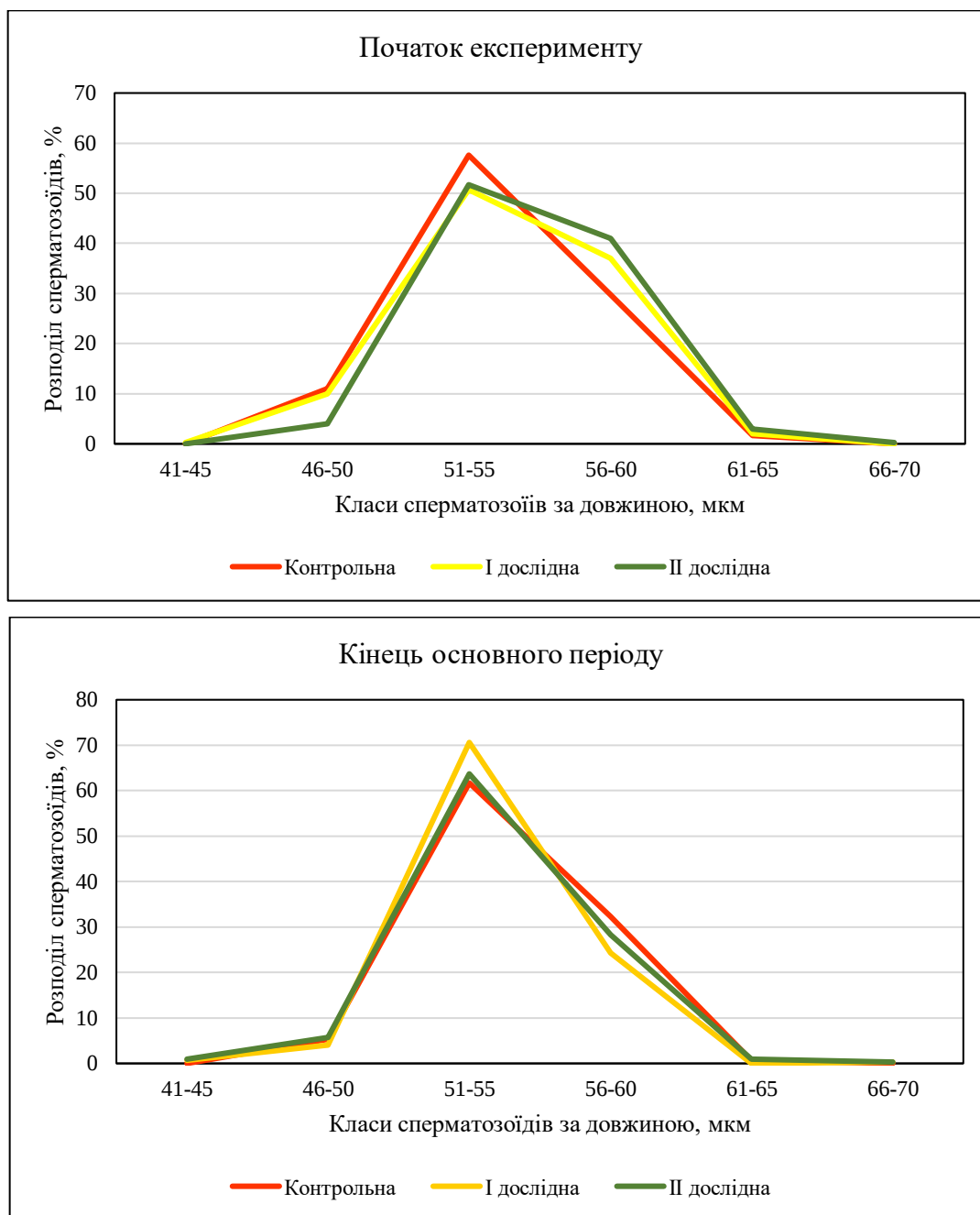


Рис.3.3. Розподіл сперматозоїдів за класами за згодовування кормових добавок, (n = 300)

Запліднюючу здатність сперматозоїдів кнурів-плідників оцінювали за результатами штучного осіменіння свиноматок. За цих обставин встановлено,

що найвищий відсоток заплідненості мали свиноматки, які були закріплені за самцями II дослідної групи (93,3 %), а перевага над іншими групами становила 13,3 % (контрольна група) і 6,6 % (I дослідна група). (табл. 3.29.). Ці ж свиноматки мали більшу багатоплідність та вищу збереженість поросят у 28-ми денному віці.

Таблиця 3.29.

Відтворна здатність свиноматок, ($\bar{x} \pm SE$)

Групи	Осімінено	Відтворні якості свиноматок						
		Заплідненість %	Кількість новонароджених поросят, гол.		Велико- плідність, кг	Маса гнізда при народженні, кг	Кількість поросят при відлученні, гол.	Маса гнізда при відлу- ченні, кг
			Всього	у т.ч. живих				
К	15	80,0	10,5 $\pm$ 0,42	10,3 $\pm$ 0,39	1,24 $\pm$ 0,03	12,74 $\pm$ 0,57	9,25 $\pm$ 0,39	69,38 $\pm$ 2,91
I	15	86,7	10,6 $\pm$ 0,42	10,2 $\pm$ 0,52	1,29 $\pm$ 0,02	13,62 $\pm$ 0,42	9,62 $\pm$ 0,47	74,91 $\pm$ 3,59
II	15	93,3	11,3 $\pm$ 0,43	10,8 $\pm$ 0,38	1,25 $\pm$ 0,03	13,32 $\pm$ 0,20	10,00 $\pm$ 0,33	80,50 $\pm$ 2,62•

Примітка: •- $p < 0,05$ – порівняно з I дослідною групою.

Визначення ефективності згодовування цитрату Міді окремо та в поєднанні з ГТЛ вказує на перспективність використання комплексної кормової добавки для кнурів-плідників, що підтверджується отриманим річним економічним ефектом 17483,76 грн., або 1248,84 грн. на один опорос:

$$E_2 = 150,00 \text{ грн./кг} \times (69,38 \text{ кг} \times 16,0 \%) : 100\% \times 0,75 \times 14 = 17483,76 \text{ грн.},$$

де: 150,00 грн./кг – ціна 1 кг живої маси поросят в цінах 2023 року;

69,38 кг – маса гнізда поросят при відлученні за контрольного варіанту;

16,0 % - середній приріст маси гнізда поросят у II дослідному варіанті;

14 - кількість опоросів.

Отже, згодовування комплексної кормової добавки сприяло оптимальному формуванню ПАГ у крові та спермі кнурів-плідників, що забезпечувало нормальне протікання сперматогенезу, поліпшувало функціональний стан та запліднюючу здатність сперматозоїдів, що в подальшому впливало на багатоплідність і великоплідність у свиноматок та збереженість поросят. Встановлений неоднаковий ступінь впливу цитрату Міді окремо та в поєднанні з ГТЛ на морфо-функціональні характеристики

сперматозоїдів, що узгоджується з положенням академіка О. В. Квасницького [15] щодо формування біологічно нерівноцінних та різноякісних гамет, зигот, ембріонів та отриманих нащадків.

Результати представлених у підрозділі досліджень опубліковані у роботах [36, 73].

3.3. Формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові свинок у період статевого дозрівання за згодовування цитрату Міді

Висока репродуктивна здатність свиноматок забезпечується оптимальним ростом і розвитком цих тварин в пубертатний період, які супроводжуються певними метаболічними перетвореннями. Для періоду становлення статевих циклів характерна істотна лабільність гормонального фону, що викликається різницею стану ПАГ. Отримані результати експерименту свідчать про особливості перебігу процесів пероксидації в крові свинок у період становлення статевої функції за дії різних доз цитрату Міді (табл. 3.30). У тварин, які споживали Мідь у формі цитрату в кількості на 10 % вище за норму, відмічалось зниження концентрації ДК з настанням фізіологічної зрілості (6 місяців) на 19,2 % відносно 4-х місячного віку. У період формування статевої функції (7, 8 і 9 місяців) встановлено збільшення вмісту ДК у крові ремонтних свинок I дослідної групи на 13,6 %, 16,5 % і 19,9 % відносно 6-ти місячного віку.

У свинок, до раціону яких додавали 20 % Міді у формі цитрату, вже на 30-ту та 60-ту доби згодовування (5 і 6 місяців) відмічалось зниження кількості первинних метаболітів на 14,8 % і 15,9 % порівняно з 4-х місячним віком, що відносно контрольної та I дослідної груп нижче на 30,6 % і 18,2 % та 6,7 % і 3,9 % відповідно. Надалі на 7-й і 8-й місяць розвитку у тварин II дослідної групи відбувалися зміни гомеостазу, а саме: прискорення процесів пероксидації, що супроводжувалися збільшенням концентрації ДК на 45,5 % ($p < 0,05$) і 41,4 % ($p < 0,05$) відносно 6-ти місячного віку. По закінченню досліду, у віці 10 місяців, найвищий вміст ДК було встановлено в крові свинок, які

отримували максимальний рівень Міді у формі цитрату, що відносно контрольної та І дослідної груп вище відповідно на 33,6 % і 37,9 %.

Таблиця 3.30.

Інтенсивність процесів пероксидації у крові свинок у період статевого дозрівання за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x} \pm SE$, $n=15$)

Показники	Групи	Вік, місяців						
		4	5	6	7	8	9	10
Дієнові кон'югати, мкмоль/л	К	3,06± 0,45	3,24± 0,51	2,38± 0,27	3,13± 0,35	2,63± 0,27	2,45± 0,34	2,56± 0,38
	І	2,86± 0,32	2,75± 0,29	2,31± 0,29	2,63± 0,34	2,69± 0,25	2,77± 0,38	2,48± 0,38
	ІІ	2,64± 0,39	2,25± 0,25	2,22± 0,29	3,23± 0,35	3,14± 0,31	2,11± 0,20	3,42± 0,37
ТБК-активні сполуки до інкубування, мкмоль/л	К	18,97± 1,34	20,69± 1,75	17,29± 1,24	14,21± 0,95	19,68± 1,35	20,25± 1,09	30,12± 2,03
	І	19,83± 1,39	18,05± 1,64	19,36± 1,86	19,85± 1,73°	22,15± 1,38	18,29± 1,52	22,43± 1,29 ^{oo}
	ІІ	19,78± 1,53	18,11± 1,63	22,53± 1,53°	23,27± 1,55 ^{ooo}	27,69± 1,55 ^{**oo}	20,18± 1,44	26,14± 1,68*
ТБК-активні сполуки після інкубування, мкмоль/л	К	21,70± 1,51	23,21± 1,69	19,59± 1,12	18,18± 1,12	22,47± 1,35	23,22± 1,11	29,48± 2,36
	І	22,58± 1,49	24,38± 1,75	21,37± 1,99	22,24± 1,67	24,24± 1,39	23,43± 1,61	22,89± 1,24
	ІІ	21,86± 1,46	25,58± 1,69	25,76± 1,46 ^{oo}	26,70± 1,51 ^{*ooo}	31,76± 1,49 ^{***ooo●}	25,63± 1,56	32,56± 1,77 ^{***●●}

Примітка: *– $p < 0,05$; **– $p < 0,01$; ***– $p < 0,001$ – порівняно з 4-х місячним віком; °– $p < 0,05$; °°– $p < 0,01$; °°°– $p < 0,001$ – порівняно з контрольною групою; ●– $p < 0,05$; ●●– $p < 0,01$; ●●●– $p < 0,001$ – порівняно І дослідною групою.

У свинок, до раціону яких додавали 20 % Міді у формі цитрату, вже на 30-ту та 60-ту доби згодовування (5 і 6 місяців) відмічалася зниження кількості первинних метаболітів на 14,8 % і 15,9 % порівняно з 4-х місячним віком, що відносно контрольної та І дослідної груп нижче на 30,6 % і 18,2 % та 6,7 % і 3,9 % відповідно. Надалі на 7-й і 8-й місяць розвитку у тварин ІІ дослідної групи відбувалися зміни гомеостазу, а саме: прискорення процесів пероксидації, що супроводжувалися збільшенням концентрації ДК на 45,5 % ($p < 0,05$) і 41,4 % ($p < 0,05$) відносно 6-ти місячного віку. По закінченню дослідів, у віці 10 місяців, найвищий вміст ДК було встановлено в крові свинок, які

отримували максимальний рівень Міді у формі цитрату (20 %), що відносно контрольної та I дослідної груп вище відповідно на 33,6 % і 37,9 %.

Найнижчий рівень ТБК-активних сполук у крові свинок I і II дослідних груп було встановлено на 5-й місяць їх розвитку, після перших 30-ти діб згодовування різних доз цитрату Міді, що порівняно з контрольною групою нижче на 12,8 % і 12,5 % відповідно. Подальше споживання цитрату Міді збільшувало рівень цих метаболітів у крові тварин протягом експерименту. Так, у свинок I дослідної групи у віці 6, 7 і 8 місяців концентрація ТБК-активних сполук була вищою відповідно на 7,3 %, 9,9 % і 22,7 % відносно 5-ти місячного віку, що в порівнянні з контрольною групою більше на 11,9 %, 39,7 % ($p<0,05$) і 12,6 % відповідно.

У крові ремонтних свинок II дослідної групи на 60-ту, 90-ту та 120-ту доби згодовування (6, 7 і 8 місяців) рівень ТБК-активних сполук збільшувався на 24,4 %, 28,5 % ($p<0,05$) і 52,9 % ($p<0,001$) порівняно з 5-ти місячним віком, що відносно контрольної групи вище на 30,3 % ($p<0,05$), 63,8 % ($p<0,001$) і 40,7 % ($p<0,01$) відповідно. У віці 9 місяців у тварин I і II дослідних груп відмічається зниження даних метаболітів відповідно на 17,4 % і 27,1 % відносно 8-го місяця розвитку. Подальше згодовування різних доз цитрату Міді у віці 10 місяців призводило до збільшення ТБК-активних сполук у крові свинок I і II дослідних груп відповідно на 22,6 % і 29,5 % порівняно з попереднім місяцем, однак відносно контрольної групи даний показник був менший на 25,5 % ($p<0,01$) і 13,2 % відповідно.

Аналіз ензимних антиоксидантів свідчить про лабільність активності СОД і КТ у крові свинок упродовж становлення статевої функції через вплив цитрату Міді (табл. 3.31.). У тварин даної статі, які споживали 10 % Міді у формі цитрату, активність СОД була вищою у віці 5 місяців на 75,0 %, 6 місяців – 46,2 % та 7 місяців – 138,1 % ($p<0,01$) відносно 4-х місячного віку. У період настання статевої зрілості встановлено зниження рівня даного ензиму у віці 8, 9 та 10 місяців відповідно на 39,9 %, 58,7 % і 66,2 % порівняно з 7-ми місячним віком, що свідчить про виснаження системи АОЗ. У свинок

II дослідної групи було відмічено найвищі показники активності СОД в період настання II охоти (7 місяців), що відносно 4-х, 5-ти та 6-ти місячного віку вище в 1,8 ($p<0,001$), 1,6 і 1,2 рази відповідно. У віці 9 і 10 місяців відмічається зниження рівня СОД на 40,9 % і 72,0 % відносно 7-ми місячного віку.

Таблиця 3.31.

Активність ензимних антиоксидантів у крові ремонтних свинок у період статевого дозрівання за згодовування цитрату Міді, ($x \pm SE$, $n=15$)

Показники	Групи	Вік, місяців						
		4	5	6	7	8	9	10
Супероксид-дисмутаза, у.о./мл	К	0,606 $\pm$ 0,109	0,768 $\pm$ 0,113	0,399 $\pm$ 0,052	0,862 $\pm$ 0,155	0,455 $\pm$ 0,075	0,365 $\pm$ 0,058	0,461 $\pm$ 0,073
	I	0,396 $\pm$ 0,072	0,693 $\pm$ 0,170	0,579 $\pm$ 0,147	0,943 $\pm$ 0,140**	0,567 $\pm$ 0,163	0,389 $\pm$ 0,072	0,319 $\pm$ 0,046
	II	0,437 $\pm$ 0,104	0,493 $\pm$ 0,078	0,572 $\pm$ 0,113	1,262 $\pm$ 0,168***	0,539 $\pm$ 0,113	0,746 $\pm$ 0,153°	0,353 $\pm$ 0,046
Каталаза, H_2O_2 /хв./л	К	148,29 $\pm$ 26,73	168,79 $\pm$ 35,45	149,29 $\pm$ 31,52	127,24 $\pm$ 23,51	139,37 $\pm$ 27,52	165,43 $\pm$ 29,09	180,33 $\pm$ 27,63
	I	125,79 $\pm$ 22,38	150,19 $\pm$ 28,19	118,53 $\pm$ 19,57	138,69 $\pm$ 22,95	150,36 $\pm$ 19,94	169,29 $\pm$ 28,63	190,53 $\pm$ 36,21
	II	130,27 $\pm$ 21,45	164,82 $\pm$ 26,53	110,43 $\pm$ 15,17	145,50 $\pm$ 21,72	141,83 $\pm$ 19,39	180,03 $\pm$ 22,77	146,30 $\pm$ 14,47

Примітка: **– $p<0,01$; ***– $p<0,001$ – порівняно з 4-х місячним віком; °– $p<0,05$ – порівняно з контрольною групою; •– $p<0,05$ – порівняно I дослідною групою.

У крові свинок I і II дослідних груп виявлено коливання активності КТ до настання фізіологічної зрілості (180 діб). У віці 210, 240 і 270-ти діб у тварин, які споживали Мідь у формі цитрату на 10 % більше норми, рівень даного ензиму був вищим порівняно з 180-ю добою розвитку відповідно на 17,0 %, 26,9 % і 42,8 %, а перевага над контрольною групою становила на 8,9 %, 7,9 % і 2,3 % відповідно. Подібна тенденція відмічалася у ремонтних свинок, які споживали максимальний рівень мінеральної добавки, що свідчить про посилення генерування вільних радикалів (H_2O_2) та інтенсифікацію процесів пероксидації.

Лабільність вмісту відновленого глутатіону в крові свинок I і II дослідних груп відмічалася до 7-ми місячного віку (табл.3.32). Однак у віці 8 та 9 місяців встановлене інтенсивне використання даного тіолу у тварин, які споживали Мідь у формі цитрату в кількості 10 % і 20 % більше норми, що становило на

7,7 % і 29,1 % та 7,1 % і 32,4 % нижче відносно 7-ми місячного віку. Ці показники в порівнянні з контрольною групою менше на 8,9 % і 16,1 % та 6,1 % і 18,1 % відповідно. По закінченню згодовування мінеральної добавки найнижчу концентрацію відновленого глутатіону мали свинки І дослідної групи, що порівняно із контрольною та ІІ дослідною групами менше на 51,1 % ($p<0,05$) і 48,3 % ($p<0,01$) відповідно.

Таблиця 3.32

Вміст низькомолекулярних антиоксидантів у крові ремонтних свинок у період статевого дозрівання за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x}\pm SE$, $n=15$)

Показники	Групи	Вік, місяців						
		4	5	6	7	8	9	10
Відновлений глутатіон, мкмоль/л	К	0,297±0,044	0,311±0,052	0,296±0,060	0,362±0,068	0,316±0,067	0,309±0,051	0,282±0,038
	І	0,318±0,066	0,334±0,036	0,324±0,043	0,312±0,039	0,288±0,051	0,290±0,034	0,138±0,037*°
	ІІ	0,303±0,040	0,348±0,060	0,311±0,046	0,374±0,046	0,265±0,053	0,253±0,052	0,267±0,026**
Аскорбінова кислота, мкмоль/л	К	23,19±3,87	25,67±3,42	26,12±4,93	26,35±2,58	24,44±2,64	23,79±4,39	25,36±2,48
	І	26,27±2,78	28,18±5,01	27,94±4,03	25,42±2,87	26,09±3,32	20,26±2,49	24,41±3,89
	ІІ	20,47±3,38	22,45±3,68	19,25±2,59	17,88±2,32°	18,75±2,61	17,12±1,55	19,90±3,15
Дегідро-аскорбінова кислота, мкмоль/л	К	18,77±2,72	20,50±3,39	19,20±2,87	22,82±3,58	20,22±3,03	28,07±3,39	30,05±3,48
	І	20,42±2,45	22,66±3,17	23,57±2,71	24,17±3,69	28,23±2,94	29,76±3,50*	29,77±3,69
	ІІ	21,69±3,99	17,15±2,68	16,72±2,15	22,39±2,89	24,11±2,52	26,47±2,47	25,42±2,70

Примітка: * – $p<0,05$ – порівняно з 4-х місячним віком; ° – $p<0,05$ – порівняно з контрольною групою; ** – $p<0,01$ – порівняно І дослідною групою.

В обох дослідних групах концентрація АК збільшувалася до 5-го місяця життя, однак з настанням фізіологічної зрілості та в період формування статевої функції відмічалось її істотне зниження. Тож на 210-у, 240-у і 270-у доби розвитку в крові свинок, які споживали Мідь у формі цитрату на 10 % і 20 % більше добових потреб, вміст АК був нижчим порівняно з 5-ти місячним віком у І дослідній на 9,8 %, 20,4 % і 7,4 % і ІІ дослідній груп 16,5 %, 28,1 % і 23,7 %. Також встановлено, що вміст ДАК у крові цих тварин І дослідної групи

збільшувався протягом всього періоду експерименту ($p < 0,05$). Тоді як у свинок, котрі споживали максимальну дозу мінеральної добавки, збільшення концентрації ДАК відмічалось з 7 по 10 місяць індивідуального розвитку.

Дані експерименту свідчать про те, що у свинок, яким згодовували мінеральну добавку в період становлення статевої функції відбувалася перебудова процесів метаболізму, яка проявлялася у підсиленні кореляційних взаємозв'язків, особливо у тварин, яким згодовували Мідь у формі цитрату в кількості 20 % більше норми між ТБК-активними сполуками і КТ ($r = -0,50$) та ДК і ТБК- активними сполуками ($r = 0,58$) на 180-ту добу їх розвитку. У цих тварин 7-ми місячного віку функціональна активність антиоксидантних ензимів негативно корелювала із інтенсивністю процесів пероксидного окиснення залежно від дози отримуваної мінеральної добавки. Так, при згодовуванні 10 % Міді у формі цитрату в крові свинок виявлено зворотні кореляційні взаємозв'язки між СОД і ТБК-активними сполуками ($r = -0,67$) та КТ і ТБК-активними сполуками ($r = -0,35$), а при отриманні тваринами кормової добавки максимальної дози рівень взаємозв'язків становив відповідно $r = -0,48$ та $r = -0,74$.

Встановлена різниця в репродуктивній здатності ремонтних свинок, які споживали Міді у формі цитрату на 10 % та 20 % більше норми (табл.3.33). Настання першої охоти у тварин I дослідної групи, у середньому відмічається на 180-ту добу життя, тоді як у контрольній та II дослідній групах – на 183-тю та 181-шу доби, що є пізніше в межах 1–3 доби. Виявлено, що свинки, котрі споживали різні дози цитрату Міді, мали меншу тривалість статевого циклу від першої до другої охоти відносно контрольної групи в межах 10 %. Прояв другої охоти в ремонтних свинок I і II дослідних груп встановлений на 206-ту та 207-му доби, що є раніше в порівнянні з контролем на 6 і 5 діб відповідно. При цьому тривалість третього циклу у тварин контрольної та I дослідної групи становила 24 доби, тоді як у свинок, які споживали Мідь у формі цитрату на 20 % більше норми, даний показник становив 22 доби.

Таблиця 3.33.

Відтворні показники свинок за згодовування цитрату Міді, ($\bar{x} \pm SE$, $n=15$)

Відтворні показники	Групи		
	К	I	II
Перша охота, діб	183,53 $\pm$ 5,76	180,8 $\pm$ 3,20	181,07 $\pm$ 3,16
Тривалість другого статевого циклу, діб	29,00 $\pm$ 1,31	26,07 $\pm$ 0,63	26,0 $\pm$ 0,79
Друга охота, діб	212,53 $\pm$ 6,08	206,87 $\pm$ 3,11	207,07 $\pm$ 3,22
Тривалість третього статевого циклу, діб	24,40 $\pm$ 0,99	24,07 $\pm$ 0,69	22,73 $\pm$ 0,60
Третя охота, діб	236,93 $\pm$ 6,55	230,93 $\pm$ 2,97	229,8 $\pm$ 3,24
Тривалість четвертого статевого циклу, діб	23,00 $\pm$ 0,68	19,87 $\pm$ 0,40 ^{**$\circ$}	23,2 $\pm$ 0,84
Четверта охота, діб	259,93 $\pm$ 6,94	250,8 $\pm$ 3,04	253,0 $\pm$ 2,96
Вік свинок при осіменінні, діб	281,80 $\pm$ 6,95	270,8 $\pm$ 2,99	275,0 $\pm$ 3,15
Заплідненість, %	73,3	86,7	80,0
Кількість поросят при народженні, гол	10,4 $\pm$ 0,50	11,5 $\pm$ 0,48	10,9 $\pm$ 0,55
- живих	9,6 $\pm$ 0,45	10,9 $\pm$ 0,41	10,3 $\pm$ 0,39
- мертвих	0,8 $\pm$ 0,14	0,6 $\pm$ 0,19	0,6 $\pm$ 0,23
Великоплідність, кг	1,16 $\pm$ 0,06	1,27 $\pm$ 0,05	1,25 $\pm$ 0,05
Маса гнізда при народженні, кг	11,05 $\pm$ 0,51	13,78 $\pm$ 0,45 ^{**}	12,72 $\pm$ 0,33
Кількість поросят при відлученні, гол	8,2 $\pm$ 0,38	9,85 $\pm$ 0,33 ^{**$\circ$}	8,5 $\pm$ 0,42
Збереженість поросят, %	85,93 $\pm$ 3,44	90,45 $\pm$ 1,51 [°]	82,51 $\pm$ 2,61
Маса гнізда при відлученні у 28 діб, кг	67,27 $\pm$ 2,94	83,69 $\pm$ 2,81 ^{**$\circ$}	68,93 $\pm$ 3,09

Примітка: ^{**}– $p < 0,01$ – порівняно з контрольною групою; [°]– $p < 0,05$; ^{°°}– $p < 0,01$ – порівняно з II дослідною групою.

Настання стану третьої охоти у свинок I і II дослідних груп, які додатково отримували різні дози цитрату Міді, відмічалось на 230-ту і 229-ту доби життя, тоді як у тварин контрольної групи третю охоту було встановлено на 236-ту добу, що пізніше відносно дослідних груп на 6 та 7 діб. Найменшу тривалість четвертого циклу мали свинки, які додатково отримували 10 % Міді у формі цитрату (19 діб), що відносно контрольної та II дослідної груп нижче на 13,6 % ($p < 0,01$) і 14,4 % ($p < 0,01$).

Ремонтні свинки I і II дослідних груп прийшли в стан четвертої охоти у віці 250 і 253 діб, що раніше відносно контрольної групи на 9 та 3 доби. Додаткове споживання Міді у формі цитрату на 10 % і 20 % вище норми забезпечувало більш ранньому настанню охоти та скороченню тривалості статевого циклу, а отже, забезпечувало зменшення віку першого осіменіння. Так, свинок I і II дослідних груп осіменяли у віці 270 і 275 діб, що відносно контрольної групи раніше на 11 і 6 діб відповідно.

Найвищий рівень заплідненості було встановлено у свинок, до основного раціону яких додавали Мідь у формі цитрату в кількості 10 % понад норму, та становив 86,7 %. У середньому багатоплідність у свинок I і II дослідних груп становила 11,5 та 10,9 голів, що відносно контрольної групи було більше на 10,6 % і 4,8 % відповідно. Варто зазначити, що кількість живих новонароджених поросят залежала від рівня згодовуваної добавки та була максимальною у свинок I дослідної групи, що більше порівняно з контрольною та II дослідною групами відповідно на 13,5 % і 5,8 %. У перевіряємих свиноматок дослідних груп також відмічалася нижча чисельність мертвонароджених поросят порівняно з контрольною групою на 25 %. При народженні жива маса поросят, яких отримали від тварин I і II дослідних груп становила на 9,5 % і 7,8 % вище відносно контрольної групи.

Згодовування свинкам цитрату Міді в період становлення статевої функції, вірогідно, впливало на ріст та розвиток поросят в ембріональний та постембріональний періоди. Встановлено, що найвищі показники збереженості поросят у підсисний період відмічались у перевіряємих свиноматок I дослідної групи, що відносно контрольної та II дослідної груп вище на 5,3 % і 9,6 % ($p < 0,05$). Підвищення відсотку збереженості поросят в I дослідній групі дозволило отримати більшу кількість відлученого молодняку відносно інших груп ($p < 0,05$ - $p < 0,01$).

При згодовуванні ремонтним свинкам Міді у формі цитрату на 10 % більше норми встановлено покращення в них репродуктивних показників, а саме: за результатами опоросів було отримано найбільшу масу гнізда при народженні та відлученні, що порівняно з контрольною та II дослідною групами вище відповідно на 24,7 % і 8,3 % та 24,4 % і 21,4 % (табл. 3.33).

За результатами даного експерименту з'ясовано, що від свинок, які додатково отримували 10 % Міді у формі цитрату отриманий річний економічний ефект становив 24005,30 грн., або 1846,56 грн. на один опорос:

$$E_3 = 150,00 \text{ грн./кг} \times (67,27 \text{ кг} \times 24,4 \%) : 100\% \times 0,75 \times 13 = 24005,30 \text{ грн.,}$$

де: 150,00 грн./кг – ціна 1 кг живої маси поросят в цінах 2023 року;
 67,27 кг – маса гнізда поросят при відлученні за контрольного варіанту;
 24,4 % - середня прибавка маси гнізда поросят у I дослідному варіанті;
 13 - кількість опоросів.

З'ясовано, що у свиноматок, які отримували 10 % Міді у формі цитрату вище за потребу, відбувається прискорення процесів ПОЛ, яке, очевидно, було в межах фізіологічної норми та підвищувало життєздатність поросят, що підтверджується істотним кореляційним зв'язком між вмістом ДК у крові цих тварин та показником збереженості поросят у гнізді, який становив $r = 0,67$.

Виявлено, що зі зменшенням насиченості крові свиноматок II дослідної групи АК і ДАК, знижується рівень виживаності поросят перед відлученням, що підтверджується встановленим кореляційним взаємозв'язком відповідно $r = 0,60$ і $r = 0,53$. Виявлені істотні взаємозв'язки підтверджують провідну роль процесів пероксидації та низькомолекулярних антиоксидантів у забезпеченні високої життєздатності поросят перед відлученням.

Інтенсивність росту та збереженість поросят перебувають у тісному взаємозв'язку з швидкістю протікання пероксидації. Після опоросу вміст ДАК у крові свиноматок змінювався від 2,96 до 3,78 мкмоль/л, а перевага цього показника відмічалася у тварин, які в препубертатний та пубертатний періоди споживали Мідь у формі цитрату на 20 % вище за норму (табл. 3.34.). До того ж у день відлучення поросят, рівень цього метаболіту в крові свиноматок знижувався на 25,2 % (контрольна група), 4,7 % (I дослідна група), 28,3 % (II дослідна група) відносно дня опоросу.

У новонароджених поросят вміст ДК коливався від 1,59 до 2,09 мкмоль/л, де найвища концентрація відмічалася в представників I дослідної, а найнижча – у II дослідної груп, з різницею показників 31,4 % ($p < 0,05$). У 28-ми денному віці в крові поросят I дослідної групи було встановлено збільшення рівня первинних продуктів перекисного окиснення ліпідів на 65,4 % ($p < 0,001$), що вище відносно інтактної та II дослідної групи на 14,8 % і 19,8 % ($p < 0,01$) відповідно.

Таблиця 3.34.

**Інтенсивність процесів пероксидації в крові
свиноматок та поросят, ($\bar{x} \pm SE$)**

Показники	Груп	Свиноматки, (n=10)		поросята, вік, (n=20)	
		день опоросу	28-й день після опоросу	новонароджені	28-ми денний
Дієнові кон'югати, мкмоль/л	К	3,18±0,37	2,38±0,28	1,89±0,13	2,29±0,14
	I	2,96±0,36	2,82±0,29	1,59±0,09	2,63±0,11 ^{°°°}
	II	3,78±0,39	2,71±0,32	2,09±0,13 [•]	2,11±0,12 ^{••}
ТБК-активні сполуки до інкубування, мкмоль/л	К	28,36±2,40	22,48±2,00	17,54±1,03	20,11±1,21
	I	20,87±2,19 [°]	20,73±1,67	13,48±0,78 [°]	18,54±1,15 ^{°°}
	II	29,85±2,27 [•]	26,53±1,97 [•]	22,98±1,21 ^{°°••}	27,94±1,59 ^{°°••}
ТБК-активні сполуки після інкубування, мкмоль/л	К	32,81±2,90	27,62±2,05	23,29±1,09	24,74±1,47
	I	29,89±2,19	26,59±1,67	21,58±1,08	23,63±1,10
	II	33,81±2,24	21,75±2,47 ^{**}	18,84±1,40 [°]	23,54±1,67

Примітка: ** – $p < 0,01$ - порівняно з днем опоросу, ° – $p < 0,05$; °° – $p < 0,01$; °°° – $p < 0,001$ - порівняно з новонародженими; ° – $p < 0,05$; °° – $p < 0,01$ – порівняно з контрольною групою; • – $p < 0,05$; •• – $p < 0,01$ - порівняно з I дослідною групою.

Опорос супроводжувався інтенсифікацією пероксидації в організмі свиноматок, проте згодовування Міді у формі цитрату в кількості 10 % у період від 4 до 10 місяців їх розвитку сприяло сповільненню ПОЛ по закінченню даного періода. Це підтверджується нижчим значенням ТБК- активних сполук у крові цих тварин I дослідної відносно контрольної та II дослідної груп відповідно на 26,4 % ($p < 0,05$) і 43,0 % ($p < 0,05$). Подібна тенденція відмічалася й на 28-й день лактації ($p < 0,05$). Після інкубування зразків крові в прооксидантному буфері рівень ТБК-активних сполук у крові свиноматок I дослідної групи збільшувався на 43,2 %, тоді як у представниць II дослідної груп лише на 13,3 %. Необхідно відмітити, що в день відлучення поросят у самок, яким згодовували Мідь у формі цитрату в кількості 10 % вище за норму, вміст вторинних продуктів пероксидації збільшувався на 28,3 % після інкубування, проте у тварин, які споживали максимальну дозу мікроелементу рівень цього метаболіту знижувався на 18,0 %.

У новонароджених поросят вміст ТБК-активних сполук був у межах 13,48–22,98 мкмоль/л, до того ж найвище значення було встановлено у тварин II дослідної групи, що більше відносно контрольної та I дослідної груп на

31,0 % ($p<0,01$) та 70,5 % ($p<0,01$). Після досягнення поросятами 28-ми денного віку відмічалось збільшення рівня вторинних продуктів пероксидації на 14,6 % (контрольна група), 37,5 % ($p<0,01$) (І дослідна група) та 21,6 % ($p<0,05$) (ІІ дослідна група) відносно доби народження. Після інкубування зразків даної досліджуваної тканини новонароджених поросят кількість ТБК-активних сполук зростала на 32,8 % і 60,1 % у представників контрольної та І дослідної груп, тоді як у тварин ІІ дослідної групи – знижувалася на 18,0 %. Подібна тенденція була встановлена й у день відлучення.

Зміни інтенсивності ПОЛ у крові перевіряємих свиноматок та їх поросят супроводжувалися різницею активності ензимів антиоксидантної ланки. Так, після опоросу, рівень СОД у крові свиноматок, які в препубертатний та пубертатний період додатково споживали Мідь в кількості 10 % і 20 %, був нижчим відносно інтактної групи відповідно на 33,6 % ($p<0,05$) і 36,7 % ($p<0,05$) (табл. 3.35). Однак на 28-му добу після опоросу найвища активність цього ензиму була встановлена у свиноматок І дослідної групи, що переважало тварин ІІ дослідної на 26,3 %. У новонароджених поросят рівень СОД коливався у межах 0,309–0,367 у.о./мл, з вірогідним збільшенням ($p<0,05$ – $p<0,001$) її активності після досягнення тваринами 28-ми денного віку. Необхідно відмітити, що в представників І дослідної групи активність СОД зростала на 88,9 % ($p<0,001$), тоді як у ІІ дослідної груп – на 4,8 %, а різниця цих показників становила 43,7 % ($p<0,001$).

Таблиця 3.35

**Активність ензимів антиоксидантної ланки в крові
свиноматок та їх поросят, ($\bar{x} \pm SE$)**

Показники	Групи	Свиноматки, (n=10)		Поросята, вік, (n=20)	
		день опоросу	28-й день після опоросу	новонароджені	28-ми денний
Супероксид-дисмутаза, у.о./мл	К	0,670 $\pm$ 0,054	0,560 $\pm$ 0,063	0,367 $\pm$ 0,023	0,489 $\pm$ 0,032 [□]
	І	0,445 $\pm$ 0,052 [°]	0,589 $\pm$ 0,050	0,309 $\pm$ 0,026	0,584 $\pm$ 0,041 ^{□□□}
	ІІ	0,424 $\pm$ 0,058 [°]	0,434 $\pm$ 0,049	0,314 $\pm$ 0,024	0,329 $\pm$ 0,025 ^{°□□□}
Каталаза, H ₂ O ₂ /хв./л	К	130,27 $\pm$ 15,43	140,66 $\pm$ 11,41	70,31 $\pm$ 2,82	56,72 $\pm$ 3,76 [□]
	І	139,52 $\pm$ 10,28	148,68 $\pm$ 5,35	58,16 $\pm$ 2,75 [°]	80,31 $\pm$ 4,55 ^{□□□□}
	ІІ	114,85 $\pm$ 12,76	123,32 $\pm$ 7,27 [•]	75,46 $\pm$ 2,56 ^{••}	83,62 $\pm$ 4,96 ^{□□}

Примітка: □ - $p<0,05$; □□ - $p<0,01$; □□□ - $p<0,001$ - порівняно з новонародженими; ° - $p<0,05$; °□ - $p<0,01$ – порівняно з контрольною групою; • - $p<0,05$; •• - $p<0,01$; ••• - $p<0,001$ - порівняно з І дослідною групою.

У день опоросу та відлучення максимальною активністю КТ характеризувалися свиноматки І дослідної, тоді як мінімальна була встановлена у тварин ІІ дослідної груп. У новонароджених поросят І дослідної групи активність КТ становила нижчі показники ніж у контрольній та ІІ дослідній групах на 17,3 % ($p<0,05$) і 29,7 % ($p<0,01$) відповідно. У 28-ми денному віці у представників дослідних груп відмічалось збільшення рівня КТ на 38,1 % ($p<0,01$) (І дослідна група) і 10,8 % (ІІ дослідна група), тоді як у інтактних поросят даний показник знижувався на 19,3 % ($p<0,01$).

Вміст відновленого глутатіону в крові свиноматок у день опоросу коливався від 0,296 мкмоль/л до 0,336 мкмоль/л, проте при відлученні поросят даний показник знижувався у всіх групах в межах 9,8–13,9 % (табл. 3.36). У поросят відмічалася протилежна закономірність – збільшення концентрації даного метаболіту від народження до 28-ми денного віку на 17,6 % (контрольна група), 21,4 % (І дослідна група), 10,4 % (ІІ дослідна група).

Таблиця 3.36

**Вміст низькомолекулярних антиоксидантів у крові
свиноматок та їх поросят, ($M \pm m$)**

Показники	Групи	Свиноматки, n=10		Поросята, вік, n=20	
		день опоросу	28-й день після опоросу	новонароджені	28-ми денний
Відновлений глутатіон, мкмоль/л	К	0,336 $\pm$ 0,045	0,289 $\pm$ 0,032	0,193 $\pm$ 0,015	0,227 $\pm$ 0,022
	І	0,373 $\pm$ 0,029	0,326 $\pm$ 0,046	0,229 $\pm$ 0,023	0,278 $\pm$ 0,019
	ІІ	0,296 $\pm$ 0,036	0,267 $\pm$ 0,034	0,183 $\pm$ 0,016	0,202 $\pm$ 0,016•
Аскорбінова кислота, мкмоль/л	К	9,84 $\pm$ 0,88	11,08 $\pm$ 0,99	6,53 $\pm$ 0,37	5,27 $\pm$ 0,33 [□]
	І	11,22 $\pm$ 0,85	9,54 $\pm$ 0,88	9,90 $\pm$ 0,75 ^{°°}	5,79 $\pm$ 0,36 ^{□□□}
	ІІ	8,79 $\pm$ 0,65 ^{••}	7,61 $\pm$ 0,61 [°]	8,64 $\pm$ 0,52 ^{°°}	6,73 $\pm$ 0,42 ^{□°}
Дегідро-аскорбінова кислота, мкмоль/л	К	10,75 $\pm$ 0,79	12,23 $\pm$ 1,16	8,69 $\pm$ 0,48	7,68 $\pm$ 0,41
	І	14,12 $\pm$ 1,23 [°]	13,58 $\pm$ 1,19	10,92 $\pm$ 0,86 [°]	8,41 $\pm$ 0,40 [□]
	ІІ	10,29 $\pm$ 1,07 [•]	11,47 $\pm$ 0,80	9,19 $\pm$ 0,65	9,65 $\pm$ 0,57 [°]

Примітка: □ - $p<0,05$; □□□ - $p<0,001$ - порівняно з новонародженими; ° - $p<0,05$; °° - $p<0,01$ – порівняно з контрольною групою; • - $p<0,05$; •• - $p<0,01$ - порівняно з І дослідною групою.

АК у крові свиноматок у день опоросу більш інтенсивно використовувалася у представниць контрольної та ІІ дослідної груп, що підтверджується нижчим рівнем аскорбату відносно тварин, які вживали Мідь у формі цитрату на 10 % вище норми відповідно на 14,0 % і 21,7 % ($p<0,01$). У

той час на 28-му добу після опоросу найвищий вміст АК було встановлено в інтактних тварин з перевагою над іншими групами 13,9 % (I дослідна група) і 31,3 % ($p < 0,05$) (II дослідна група). У новонароджених поросят I і II дослідних груп насиченість АК в крові була вищою відносно інтактних тварин відповідно на 51,6 % ($p < 0,01$) і 32,3 % ($p < 0,01$), проте в день відлучення спостерігалось істотне використання цієї кислоти у всіх групах ($p < 0,05$ – $p < 0,001$).

Найвищий рівень ДАК було встановлено у свиноматок, які з 4-го по 10-й місяць розвитку споживали Мідь у формі цитрату на 10 % більше норми, а перевага над контрольною та II дослідною групами становила 31,3 % ($p < 0,05$) і 27,1 % ($p < 0,01$) відповідно. Подібна тенденція була відмічена й на 28-му добу лактації. У новонароджених поросят рівень ДАК коливався в межах 8,69–10,92 мкмоль/л з незначним її зниженням у день відлучення.

Дані кореляційного аналізу свідчать про те, що після опоросу в крові свиноматок відбувалося посилення взаємозв'язків із збільшенням доз попереднього згодовування Міді у формі цитрату свинкам до осіменіння. Зокрема, між активністю СОД і ТБК-активними сполуками рівень кореляції був $r = 0,05$ у інтактній групі, $r = -0,57$ – I дослідній групі, $r = -0,54$ – II дослідній групі. Необхідно відмітити, що в період опоросу у свинок виявлено існування різнонаправлених взаємозв'язків $r = -0,64$ між ТБК-активними сполуками і КТ у перевіряємих свиноматок та $r = 0,49$ у новонароджених поросят.

Отже, додавання Міді у формі цитрату в кількості 10 % більше норми сприяло сповільненню процесів пероксидації та забезпечувало нормальне формування статевої функції ремонтних свинок, що підтверджується високими показниками відтворної здатності. При згодовуванні максимальної дози мінеральної добавки встановлено окремі особливості у формуванні стану ПАГ у напрямі інтенсифікації пероксидного окиснення, що відображалось на фізіологічному стані свиноматок та життєздатності поросят.

Результати представлених у підрозділі досліджень опубліковані у роботах [50].

3.4. Особливості впливу цитрату Міді в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок на прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у крові свиноматок та їх взаємозв'язок з відтворною здатністю

Друга половина поросності характеризується інтенсивним ростом та розвитком плодів, що супроводжується суттєвим метаболічним навантаженням на організм свиноматок. Істотне генерування АФО в плаценті, а також висока потреба ростучих ембріонів у поживних речовинах, зокрема антиоксидантах, зміщує стан ПАГ у напрямі прискорення пероксидації, що збільшує потребу у використанні додаткових кормових добавок для живлення порослих самок.

Встановлено, що протягом останнього місяця поросності та в день опоросу у свиноматок відмічалось зростання рівня первинних і вторинних продуктів пероксидації (табл.3.37.).

Таблиця 3.37.

Інтенсивність процесів пероксидації в крові свиноматок за згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, $n=5$)

Показники	Групи	Період експерименту					
		60 доба поросності	90 доба поросності	104 доба поросності	доба опоросу	5 доба після опоросу	28 доба після опоросу
Дієнові кон'югати, мкмоль/л	К	2,83±0,23	3,26±0,37	3,80±0,24	3,95±0,34	2,75±0,36	2,18±0,22
	I	2,60±0,37	2,75±0,26	2,90±0,45	2,52±0,26°	2,34±0,33	1,75±0,18
	II	2,45±0,27	3,08±0,38	2,98±0,29	2,63±0,42	2,50±0,49	2,92±0,28•
ТБК-активні сполуки до інкубування мкмоль/л	К	18,62±2,21	20,19±1,99	24,20±2,25	29,36±3,00	21,81±2,16	14,68±2,21
	I	20,33±1,26	25,16±2,32	27,53±1,98*	26,98±2,98	18,72±2,12	11,70±1,98*
	II	22,39±2,66	24,51±3,65	26,36±3,45	23,69±3,55	17,83±3,17	15,83±2,03*
ТБК-активні сполуки після інкубування мкмоль/л	К	21,04±2,20	27,36±1,77	34,12±2,88	38,87±3,67	23,84±1,92	19,59±2,60
	I	23,10±1,02	28,13±2,17	33,43±1,89**	30,71±2,32*	22,19±1,89	16,96±1,53*
	II	25,29±2,08	26,82±1,59	30,26±3,17	26,98±4,39	23,36±3,80	20,79±1,42

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$ – порівняно з 60-ю добою поросності; ° – $p < 0,05$ – порівняно з контрольною групою; • – $p < 0,05$ – порівняно з I дослідною групою.

На 90-ту, 104-ту доби поросності та в день опоросу вміст ДК у інтактних тварин збільшувався відповідно на 15,2 %, 34,3 % і 39,6 % відносно 60-ї доби поросності. Після опоросу, на 5-ту і 28-му доби, рівень даних метаболітів знижувався на 30,4 % і 44,8 %. Вміст ДК у крові поросних свиноматок, які додатково до основного раціону отримували цитрат Міді окремо або в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок, був нижчим відносно контрольної групи. У самок, які додатково споживали 5 % Міді у формі цитрату, відмічалось збільшення вмісту ДК до 104-ї доби поросності, проте даний показник був нижчий на 15,6 % (90- та доба) і 23,6 % (104-та доба) відносно свиноматок, які отримували основний раціон. Після опоросу та в подальші доби підсисного періоду (5-та й 28-ма доба) встановлено зниження рівня ДК відносно 104-ї доби на 13,1 %, 19,3 % і 39,7 % відповідно, що менше порівняно з контрольною групою тварин на 36,2 % ($p<0,05$), 14,9 % і 19,7 % відповідно.

У свиноматок II дослідної групи, на 90-ту і 104-ту доби вміст первинних продуктів пероксидації становив на 25,7 % і 21,6 % вище відносно 60-ї доби поросності. Подальше споживання комплексної кормової добавки сприяло зниженню кількості ДК у крові свиноматок II дослідної групи в день опоросу та на 5-ту добу підсисного періоду відповідно на 11,7 % і 16,1 % порівняно із відносно 104-ю добою поросності, що порівняно з тваринами контрольної групи нижче на 33,4 % і 9,1 % відповідно. У день відлучення порослят максимальний рівень ДК було відмічено в крові свиноматок II дослідної групи, що відносно контрольної та I дослідної групи вище на 33,9 % і 66,9 % ($p<0,05$) відповідно.

Одночасно зі збільшенням вмісту ДК у крові інтактних тварин встановлено підвищення концентрації ТБК-активних сполук до настання опоросу ($p<0,05$) та її зниження в підсисний період ($p<0,01$). У крові свиноматок, які отримували кормові добавки відмічалась інтенсифікація процесів пероксидації на 104-ту добу поросності, про що свідчить збільшення

кількості вторинних продуктів ПОЛ. Так, у тварин I і II дослідних груп вміст ТБК-активних сполук був більшим відповідно на 35,4 % ($p < 0,05$) і 17,7 % відносно 60-ї доби поросності. У день опоросу в зразках крові свиноматок I і II дослідних груп встановлено зниження концентрації ТБК-активних сполук, що менше порівняно з контрольною групою на 8,1 % і 19,3 % відповідно. На 5-ту і 28-му доби підсисного періоду, свиноматки, які додатково споживали Мідь у формі цитрату в кількості 5% вище за норму, мали нижчий вміст ТБК-активних сполук відносно доби опоросу на 30,6 % і 56,6 %, що порівняно з контрольною групою нижче на 14,2 % і 20,3 % відповідно. Подібна тенденція була встановлена й у тварин II дослідної групи.

Після трьохгодинного інкубування зразків крові в прооксидантному буфері, встановлено, що у свиноматок контрольної групи вміст ТБК-активних сполук збільшувався на 90-ту, 104-ту доби поросності та в день опоросу відповідно на 35,5 %, 40,9 % і 32,4 %, тоді як в ці ж періоди у тварин I дослідної на 8,7 %, 9,4 %, 21,4 % і II дослідної груп на 14,8 %, 13,8 %, 13,9 %, що свідчить про більшу ємність антиоксидантної системи в інтактних тварин. На 5-ту добу підсисного періоду кількість цих метаболітів у тварин контрольної групи збільшувалася на 9,3 %, а у свиноматок, які споживали цитрат Міді окремо або в поєднанні з ГТЛ, на 18,5 % (I дослідна група) і 31,0 % (II дослідна група). По закінченню експерименту (28 доба лактації) максимальне зростання ТБК-активних сполук становило 44,9 % у свиноматок I дослідної групи, що переважало контрольну і II дослідну групи на 34,4 % і 43,5 % відповідно.

Посилений перебіг процесів пероксидного окиснення перед та в день опоросу супроводжується збільшенням активності СОД у крові інтактних самок відповідно на 8,2 % і 27,9 % відносно 60-ї доби поросності, що вище порівняно з I дослідною на 17,3 % і 23,9 % та з II дослідною групами на 4,7 % і 34,9 % (табл.3.38). У підсисний період відмічається зниження рівня даного ензиму в межах 36,3–42,9 % відносно першої доби після опоросу.

Таблиця 3.38

Активність ензимів антиоксидантної ланки в крові свиноматок за згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, $n=5$)

Показники	Групи	Період експерименту					
		60 доба поросності	90 доба поросності	104 доба поросності	Доба опоросу	5 доба після опоросу	28 доба після опоросу
Супероксид-дисмутаза, у.о./мл	К	0,583±0,041	0,502±0,035	0,631±0,069	0,746±0,053	0,475±0,038	0,426±0,032
	I	0,473±0,066	0,547±0,033	0,522±0,043	0,567±0,056	0,534±0,037	0,565±0,041°
	II	0,524±0,046	0,577±0,032	0,601±0,080	0,486±0,024°°	0,352±0,025*°••	0,649±0,065°
Каталаза, H ₂ O ₂ /хв./л	К	148,25±18,45	166,32±12,09	132,86±15,55	116,67±15,05	93,63±11,44	128,53±15,87
	I	156,96±12,48	137,77±10,03	94,92±12,59*	92,56±16,22*	72,90±8,57**	107,89±12,04*
	II	144,95±18,69	127,53±15,44	115,72±17,66	105,87±19,89	96,39±8,90	95,38±15,77

Примітка: *– $p < 0,05$; **– $p < 0,01$ – порівняно з 60-ю добою поросності; °– $p < 0,05$; °°– $p < 0,01$ – порівняно з контрольною групою; •• – $p < 0,01$ – порівняно з I дослідною групою.

У свиноматок I дослідної групи відмічено підвищення активності СОД уже після першого місяця згодовування Міді у формі цитрату в кількості 5 % більше норми на 15,6 % (90-та доба поросності), проте подальше споживання даного мікроелементу сприяло незначній лабільності рівня даного ензиму протягом всього експерименту. У тварин, яким додатково до раціону додавали комплексну кормову добавку, встановлено підвищення активності СОД на 104-ту добу поросності на 14,7 % відносно початку експерименту з подальшим зниженням у день опоросу на 19,1 %. Порівняльний аналіз даних засвідчив, що мінімальний рівень даного ензиму був характерним для тварин II дослідної групи в період істотного максимального фізіологічного навантаження, що нижче порівняно з контрольною і I дослідною групами на 34,9 % ($p < 0,01$) і 14,3 % відповідно.

Найнижчий рівень СОД у свиноматок II дослідної було відмічено на 5-ту добу після опоросу, що нижче порівняно з контрольною і I дослідною групами на 25,9 % ($p < 0,05$) і 34,1 % ($p < 0,01$) відповідно. Однак на 28-му добу лактації у крові тварини цієї ж групи активність СОД збільшувалася на 84,4 %

($p < 0,01$) відносно 5-ї доби підсисного періоду, що в порівнянні з інтактними самками була вищою на 52,3 % ($p < 0,05$).

По закінченню третього місяця поросності, активність КТ у крові свиноматок контрольної групи збільшувалася на 12,2 % порівняно із 60-ю добою з подальшим її зниженням. Найнижчі показники рівня даного ензиму встановлені на 5-ту добу підсисного періоду, що менше відносно його максимальних значень на 90-ту добу поросності на 43,7 %. У самок, які споживали цитрат Міді як окремо так і в комплексі з ГТЛ, зниження активності КТ відмічалось вже після першого місяця згодовування. По закінченню 90-ї та 104-ї доби поросності та в день опоросу рівень КТ був нижчим у I дослідній групі на 12,2 % і 12,0 %, 39,5 % ($p < 0,05$) та II дослідній групі на 20,2 % та 41,0 % ($p < 0,05$) і 26,9 % відповідно. Подальше зниження активності КТ у крові обох дослідних груп відмічалось й протягом підсисного періоду ($p < 0,05$).

Фізіологічні перебудови в організмі свиноматок у період поросності та лактації впливали на рівень низькомолекулярних антиоксидантів (табл.3.39). У крові самок інтактною групи вміст відновленого глутатіону збільшувався на 90-ту і 104-ту доби на 16,7 % і 27,8 % відносно 60-ї доби поросності. З прискоренням процесів пероксидації в день опоросу відмічалось інтенсивне використання даного антиоксиданту у тварин контрольної групи – зниження концентрації на 14,5 % порівняно з 104-ю добою. Тенденція щодо зменшення кількості даного тіолу зберігалась і протягом підсисного періоду.

У свиноматок I і II дослідних груп на 104-ту добу встановлений більший рівень відновленого глутатіону порівняно з 60-ю добою поросності відповідно на 48,3 % ($p < 0,05$) і 49,7 % ($p < 0,05$), що відносно контрольної групи було вище на 7,0 % і 11,6 % відповідно. У день опоросу вміст даного тіолу в крові тварин, які споживали цитрат Міді окремо або в поєднанні з ГТЛ, знижувався на 27,8 % і 48,8 % відносно початку дослідження, що менше відносно контрольної групи відповідно на 9,6 % і 33,1 % ($p < 0,05$).

Таблиця 3.39.

**Вміст низькомолекулярних антиоксидантів у крові свиноматок за
згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, $n=5$)**

Показники	Групи	Період експерименту					
		60 доба порос- ності	90 доба порос- ності	104 доба порос- ності	доба опоросу	5 доба після опоросу	28 доба після опоросу
Відновлений глутатіон, мкмоль/л	К	0,323± 0,028	0,377± 0,019	0,413± 0,034	0,353± 0,033	0,225± 0,024	0,237± 0,038
	I	0,298± 0,025	0,329± 0,029	0,442± 0,031*	0,319± 0,030	0,336± 0,039	0,285± 0,025
	II	0,308± 0,033	0,347± 0,038	0,461± 0,041*	0,236± 0,019°	0,263± 0,029	0,242± 0,026
Аскорбінова кислота, мкмоль/л	К	12,37± 1,28	13,89± 1,15	14,92± 2,19	10,58± 1,92	8,71± 2,46	10,87± 1,78
	I	13,84± 1,80	12,18± 1,73	16,81± 1,87	13,89± 1,75	12,41± 1,78	11,31± 1,63
	II	14,15± 1,29	10,65± 1,51	12,30± 2,65	7,91± 1,05*•	6,68± 0,91**•	7,92± 1,01*
Дегідро- аскорбінова кислота, мкмоль/л	К	15,49± 2,23	17,99± 3,02	16,90± 2,56	11,58± 1,51	12,84± 2,22	13,67± 2,07
	I	10,11± 1,18	12,78± 1,28	12,65± 1,60	9,33± 1,37	14,46± 1,39	10,37± 0,92
	II	13,35± 2,18	14,33± 2,54	12,73± 2,10	18,24± 1,75°•	17,40± 1,53	15,93± 1,84•

Примітка: *— $p < 0,05$; **— $p < 0,01$ – порівняно з 60-ю добою поросності; °— $p < 0,05$ – порівняно з контрольною групою; •— $p < 0,05$ - порівняно з I дослідною групою.

Важливо відзначити, що у тварин контрольної та I дослідної груп зміни рівня АК не мали вірогідної різниці в період поросності та лактації. Тоді, як у свиноматок, які споживали комплексну кормову добавку, інтенсивне використання АК відмічалось в день опоросу та було нижче відносно 60-ї доби поросності на 44,1 % ($p < 0,05$), що менше порівняно з контрольною та I дослідною групами відповідно на 25,2 % і 43,1 % ($p < 0,05$). У підсисний період (5-та і 28-ма доби) мінімальний рівень даного вітаміну був встановлений у самок II дослідної групи, а перевага над іншими групами становило: інтактною – 23,3 % і 46,2 % ($p < 0,05$), I дослідною – 27,1 % і 29,9 %. Зниження концентрації АК у крові свиноматок II дослідної групи супроводжувалося збільшенням рівня ДАК, що вище порівняно з контрольною та I дослідною групами відповідно на 57,5 % ($p < 0,05$) і 95,5 %

($p<0,05$) (опорос), 35,5 % і 20,3 % (5-та доба лактації) та 16,5 % і 53,6 % ($p<0,05$) (28-ма доба лактації).

Інтенсивність перебігу пероксидного окиснення в організмі в період поросності та лактації головним чином визначає репродуктивні показники свиноматок (табл. 3.40). Корируючи стан ПАГ за рахунок додаткового згодовування комплексної кормової добавки порослим свиноматкам, зафіксували найбільшу кількість живих порослят, з одночасним збільшенням їх живої маси при народженні в представниць II дослідної групи. Водночас у свиноматок I дослідної групи відмічалась найнижчу збереженість порослят у 28-ми денному віці.

Таблиця 3.40

Відтворні показники свиноматок за згодовування кормових добавок, ($\bar{x} \pm SE$, $n=5$)

Відтворні показники	Групи		
	К	I	II
Кількість порослят при народженні, гол	11,8 $\pm$ 0,89	11,6 $\pm$ 1,04	12,0 $\pm$ 0,79
- живих	11,4 $\pm$ 0,67	11,0 $\pm$ 0,61	11,8 $\pm$ 0,65
- мертвих	0,4 $\pm$ 0,27	0,6 $\pm$ 0,44	0,2 $\pm$ 0,22
Великоплідність, кг	1,27 $\pm$ 0,07	1,30 $\pm$ 0,06	1,36 $\pm$ 0,03
Маса гнізда при народженні, кг	14,35 $\pm$ 0,42	14,32 $\pm$ 0,97	16,09 $\pm$ 1,05
Кількість порослят при відлученні, гол	9,8 $\pm$ 0,74	10,2 $\pm$ 0,55	10,6 $\pm$ 0,57
Збереженість порослят, %	85,8 $\pm$ 2,57	92,83 $\pm$ 2,05	89,89 $\pm$ 1,54
Маса гнізда при відлученні у 28 днів, кг	83,30 $\pm$ 6,30	83,64 $\pm$ 4,49	93,28 $\pm$ 5,02

При додаванні до основного раціону порослих свиноматок цитрату Міді в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок у свиноматок II дослідної групи були вищі показники маси гнізда порослят при народженні на 12,1 % і 12,4 % та відлученні на 12,0 % і 11,5 % відносно тварин контрольної і I дослідної груп.

Економічний аналіз отриманих відтворних показників свиноматок засвідчив, що додаткове згодовування цитрату Міді в поєднанні з ГТЛ дозволило отримати річний економічний ефект 5622,75 грн., або 1124,56 грн. на один опорос:

$E_4 = 150,00 \text{ грн./кг} \times (83,30 \text{ кг} \times 12,0 \%) : 100\% \times 0,75 \times 5 = 5622,75 \text{ грн.}$,
де: 150,00 грн./кг – ціна в господарстві 1 кг живої маси порослят в цінах 2023 року;

83,30 кг – маса гнізда поросят при відлученні за контрольного варіанту;
 12,0 % - середня прибавка маси гнізда поросят у II дослідному варіанті;
 5 - кількість опоросів.

Загальний річний економічний ефект від використання результатів досліджень складає 73048,65 грн.:

$E_{\text{загальне}} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = 25936,84 \text{ грн} + 17483,76 \text{ грн.} + 24005,30 \text{ грн.} + 5622,75 \text{ грн.} = 73048,65 \text{ грн.}$

Згодовування свиноматкам кормових добавок істотно змінювало не лише стан ПАГ у крові самок, але й впливало на рівень взаємозв'язку компонентів гомеостазу із провідною ознакою поросят – їх життєздатністю. Зокрема, у свиноматок I дослідної групи встановлені зворотні взаємозв'язки між збереженістю поросят та вмістом ДК у крові ($r = -0,49$), ТБК-активними сполуками ($r = -0,41$) та насиченістю ДАК ($r = -0,51$). Використання комплексної кормової добавки підвищувало рівень збереженості відлучених поросят, що в значній мірі досягалося за рахунок прискорення процесів ПОЛ у крові (ТБК-активні сполуки, $r = -0,84$), гальмування ензимної ланки АОЗ (КТ, $r = -0,94$) та вмістом відновленого глутатіону $r = -0,53$.

У ході проведеного дослідження виявлено існування різниці в інтенсивності процесів пероксидації у поросят залежно від віку (табл. 3.41). При народженні в крові поросят контрольної групи рівень ДК у середньому становив 2,05 мкмоль/л та знижувався до 5-ти денного віку на 15,1 %. У крові новонароджених поросят, матері яких споживали кормові добавки, вміст ДК був меншим порівняно з контрольною групою на 10,7 % (I дослідна група) і 21,9 % (II дослідна група). У 5-ти денному віці в крові поросят інтактної та I дослідної груп відмічалось зниження кількості первинних продуктів пероксидації на 15,1 % і 9,8 %, тоді як у представників II дослідної групи встановлене збільшення цього показника на 40,0 % ($p < 0,05$), а перевага становила 28,7 % ($p < 0,05$) і 35,8 % ($p < 0,05$). У день відлучення в поросят усіх груп було відмічено посилений перебіг процесів пероксидації, про що свідчить

збільшення кількості ДК відносно 5-ти денного віку на 53,4 % (контрольна група), 41,8 % (I дослідна група) і 27,2 % (II дослідна група).

Таблиця 3.41.

Інтенсивність процесів пероксидації в крові поросят, ($\bar{x} \pm SE$, $n=15$)

Показники	Групи	Поросята, вік		
		новонароджені	5-ти денний	28-ми денний
Дієнові кон'югати, мкмоль/л	К	2,05 $\pm$ 0,22	1,74 $\pm$ 0,14	2,67 $\pm$ 0,22
	I	1,83 $\pm$ 0,17	1,65 $\pm$ 0,13	2,34 $\pm$ 0,15 ^{°°}
	II	1,60 $\pm$ 0,15	2,24 $\pm$ 0,17 ^{*°}	2,85 $\pm$ 0,20 ^{***}
ТБК-активні сполуки до інкубування, мкмоль/л	К	15,85 $\pm$ 0,96	24,45 $\pm$ 1,48	20,30 $\pm$ 1,36
	I	13,69 $\pm$ 1,06	19,65 $\pm$ 1,64 ^{***°}	25,17 $\pm$ 1,36 ^{***°}
	II	14,28 $\pm$ 0,98	17,37 $\pm$ 1,35 ^{°°}	18,43 $\pm$ 1,09 ^{*•}
ТБК-активні сполуки після інкубування, мкмоль/л	К	18,14 $\pm$ 0,96	26,16 $\pm$ 1,63	23,41 $\pm$ 1,33
	I	17,64 $\pm$ 1,24	25,26 $\pm$ 1,67 ^{**}	29,24 $\pm$ 1,25 ^{***°°}
	II	19,86 $\pm$ 1,11	23,80 $\pm$ 1,23 [*]	22,79 $\pm$ 1,04 ^{••}

Примітка: *- $p < 0,05$; **- $p < 0,01$; ***- $p < 0,01$ - порівняно з новонародженими; °- $p < 0,05$; °°- $p < 0,01$ - порівняно з контрольною групою; •- $p < 0,05$; ••- $p < 0,01$ - порівняно з I дослідною групою.

У новонароджених поросят контрольної та дослідних груп вміст вторинних продуктів пероксидації був у межах 13,69–15,85 мкмоль/л. У 5-ти денному віці рівень ТБК-активних сполук збільшувався у всіх групах та становив вище добового віку відповідно на 54,3 % (контрольна група), 43,5 % ($p < 0,01$) (I дослідна група) і 21,6 % (II дослідна група). У день відлучення в крові поросят I дослідної групи вміст даних сполук становив 25,17 мкмоль/л, що вище відносно першої доби народження та 5-ти денного віку на 83,9% ($p < 0,01$) і 28,1% ($p < 0,05$) відповідно. У цей же період найнижчий вміст вторинних продуктів пероксидації встановлено у тварин II дослідної групи, що менше порівняно з контрольною і I дослідною групами відповідно на 9,2 % і 26,8 %.

Після інкубування зразків крові рівень ТБК-активних сполук у прооксидантному буфері найбільше зростав у поросят, матері яких споживали кормові добавки. Так, у тварин I і II дослідних груп вміст ТБК-активних сполук збільшувався на 28,9 % і 39,1 % (новонароджені), 28,5 % і 37,5 % (5-ти денний вік) та 16,2 % і 23,7 % (28-ми денний вік), тоді, як у поросят контрольної групи рівень приросту був лише 14,4 %, 6,9 % і 15,3 % відповідно.

Зміни рівня первинних і вторинних продуктів пероксидного окиснення ліпідів обумовлені активністю ензимів системи АОЗ (табл. 3.42). Активність СОД у крові поросят від народження до відлучення характеризувалася високою лабільністю у всіх групах. У новонароджених поросят І і ІІ дослідних груп рівень СОД перевищував контрольних тварин відповідно на 22,7 % і 55,7 %. На 5-ту добу розвитку активність СОД знижувалася на 44,9 % ($p<0,01$) (контрольна група), 26,01 % ($p<0,05$) (І дослідна група) і 33,1 % ($p<0,01$) (ІІ дослідна група). Максимальні дані цього ензиму були встановлені в поросят І і ІІ дослідних груп, а перевага над тваринами контрольної групи становила 64,9 % ($p<0,05$) і 89,3 % ($p<0,001$). У день відлучення поросята інтактної групи характеризувалися збільшенням активності СОД на 174,2 %, тоді як у тварин І і ІІ дослідних груп встановлено зниження даного ензиму на 46,1 % і 38,3 % відносно 5-ти денного віку.

Таблиця 3.42.

Активність ензимів антиоксидантної ланки в крові поросят, ($\bar{x} \pm SE$, $n=15$)

Показники	Групи	Поросята, вік		
		новонароджені	5-ти денний	28-ми денний
Супероксидисмутаза, у.о./мл	К	0,409 $\pm$ 0,042	0,225 $\pm$ 0,023	0,617 $\pm$ 0,044
	І	0,502 $\pm$ 0,048	0,371 $\pm$ 0,039°	0,200 $\pm$ 0,020****°°°
	ІІ	0,637 $\pm$ 0,061	0,426 $\pm$ 0,036***°°°	0,263 $\pm$ 0,029****°°°
Каталаза, H ₂ O ₂ /хв./л	К	85,12 $\pm$ 4,77	92,80 $\pm$ 6,90	105,46 $\pm$ 5,92
	І	69,71 $\pm$ 4,56	83,47 $\pm$ 4,03*	95,67 $\pm$ 4,97**
	ІІ	91,30 $\pm$ 5,16	103,75 $\pm$ 5,86•	117,69 $\pm$ 5,67**•

Примітка: *- $p<0,05$; **- $p<0,01$; ***- $p<0,01$ - порівняно з новонародженими; °- $p<0,05$; °°- $p<0,001$ - порівняно з контрольною групою; •- $p<0,05$ - порівняно з І дослідною групою.

Рівень КТ у досліджуваних зразках крові тварин всіх груп мав тенденцію щодо збільшення протягом підсисного періоду у всіх групах тварин. Найвища активність цього ензиму відмічалася у 28-ми денному віці, що більше відносно добового віку на 23,9 % ($p<0,05$) (контрольна група), 37,2 % ($p<0,01$) (І дослідна група) і 28,9 % ($p<0,01$) (ІІ дослідна група). Необхідно зазначити, що найнижчий рівень КТ від добового до 28-ми денного віку було встановлено в крові поросят І дослідної, тоді як найвищий – ІІ дослідної групи.

Максимальний вміст відновленого глутатіону відмічався в крові новонароджених поросят інтактної групи, що вище відносно I і II дослідних груп на 19,6 % і 23,2 % відповідно (табл. 3.43). У тварин цієї ж групи на 5-ту і 28-му доби життя виявлено зниження кількості даного тіолу на 29,6 % ($p<0,05$) і 37,3 % ($p<0,01$) відносно добового віку. У поросят, матері яких споживали Мідь у формі цитрату в кількості 5 % вище за норму, відбувалося зниження концентрації відновленого глутатіону на 5-ту добу на 18,2 %, однак на 28-му добу життя його рівень збільшувався на 19,7 %, що було вище порівняно з контрольною і II дослідною групами на 25,6 % і 14,9 % відповідно. У поросят II дослідної групи зменшення даного тіолу встановлено протягом всього експерименту: на 18,2 % (5-ти денний вік) і 10,8 % (28-ми денний вік).

Таблиця 3.43

Вміст низькомолекулярних ензимів у крові поросят, ($\bar{x} \pm SE$, $n=15$)

Показники	Групи	Поросята, вік		
		новонароджені	5-ти денний	28-ми денний
Відновлений глутатіон, мкмоль/л	K	0,362 $\pm$ 0,039	0,255 $\pm$ 0,023	0,227 $\pm$ 0,021
	I	0,291 $\pm$ 0,027	0,238 $\pm$ 0,024	0,285 $\pm$ 0,023
	II	0,278 $\pm$ 0,025	0,261 $\pm$ 0,022	0,248 $\pm$ 0,024
Аскорбінова кислота, мкмоль/л	K	7,48 $\pm$ 0,49	6,33 $\pm$ 0,56	5,69 $\pm$ 0,36
	I	7,22 $\pm$ 0,50	8,34 $\pm$ 0,59°	6,91 $\pm$ 0,57
	II	6,14 $\pm$ 0,47	6,57 $\pm$ 0,49•	7,05 $\pm$ 0,47°
Дегідроаскорбінова кислота, мкмоль/л	K	7,11 $\pm$ 0,82	10,48 $\pm$ 1,00	7,34 $\pm$ 0,57
	I	8,22 $\pm$ 0,90	14,73 $\pm$ 1,23***°	12,18 $\pm$ 1,48*
	II	5,74 $\pm$ 0,66	16,81 $\pm$ 1,11***°°	8,76 $\pm$ 0,93*

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

Згодовування поросним свиноматкам цитрату Міді в комплексі з ГТЛ призводило до меншого рівня АК в крові новонароджених поросят II дослідної групи порівняно з контрольною і I дослідною групами на 17,9 % і 14,9 % відповідно. У 5-ти денному віці кількість АК у крові тварин I і II дослідних груп збільшувалася на 15,5 % і 7,0 %, тоді як у інтактних поросят даний показник знижувався на 15,4 %. Мінімальний вміст АК у поросят на 28-му добу індивідуального розвитку відмічався у контрольній групі, що менше відносно I і II дослідних груп відповідно на 21,4 % і 23,9 %.

Концентрація ДАК у крові поросят збільшувалася до 5-ї доби життя та була вищою на 47,4 % ($p < 0,05$) (контрольна група), 79,2 % ($p < 0,01$) (I дослідна група) і 192,9 % ($p < 0,01$) (II дослідна група) відносно добового віку. Проте на 28-му добу постнатального розвитку відмічалася тенденція щодо зниження кількості ДАК у цій тканині поросят усіх груп ($p < 0,05$ – $p < 0,01$).

Початок другої половини поросності у свиноматок II дослідної групи характеризувався інтенсифікацією процесів пероксидного окиснення ліпідів – збільшення вмісту ТБК-активних сполук та зростання активності КТ. Взаємозв'язок цих компонентів ПАГ підтверджується прямим корелюванням, який складав $r = 0,57$. Водночас кількість ТБК-активних сполук була обернено взаємопов'язаною з концентрацією АК ($r = -0,99$) та прямо взаємопов'язана з кількістю ДАК ($r = 0,60$), що підтверджує провідну роль цих низькомолекулярних антиоксидантів у регуляції стану ПАГ.

У крові свиноматок, які споживали Мідь у формі цитрату в кількості 5 % більше норми, на 104-ту добу поросності встановлено існування істотних прямих кореляційних взаємозв'язків між вмістом ДК і КТ ($r = 0,90$), ДК і відновленим глутатіоном ($r = 0,53$), а також ТБК-активними сполуками і СОД ($r = -0,43$), ТБК-активними сполуками і АК ($r = 0,65$).

Свиноматки, яким упродовж поросності згодовували комплексну кормову добавку, характеризувалися суттєвими взаємозв'язками між ТБК-активними сполуками і ДАК ($r = 0,45 \dots 0,96$), ДК і відновленим глутатіоном ($r = -0,57 \dots -0,81$). Проте після опоросу (5-та доба лактації) суттєве корелювання компонентів ПАГ спостерігалось між вмістом АК та ДК ($r = -0,84$), АК і ТБК-активними сполуками ($r = -0,77$).

У крові свиноматок в період опоросу та у новонароджених поросят вміст первинних продуктів пероксидного окиснення – ДК негативно корелював з активністю КТ відповідно $r = -0,97$ і $r = -0,55$.

Отже, у свиноматок у другу половину поросності відмічається зміщення стану ПАГ у напрямі прискорення процесів пероксидації, що відбувається на тлі збільшення вмісту ДК, ТБК-активних сполук, рівня високомолекулярних і

низькомолекулярних антиоксидантів. Ці зміни пояснюються відповідною лабільністю метаболічних перетворень у системі мати–плацента–плід, які спрямовані на підтримку поросності та забезпечення зростаючих потреб інтенсивно зростаючих плодів. Отримані нами результати досліджень узгоджуються з теорією циклічної лабільності ПАГ у свиноматок, у якій підтверджується існування суттєвого коливання констант залежно від фаз їх відтворного циклу, які спрямовані на підтримання фізіологічної норми перебігу процесів пероксидації [301].

Результати представлених у підрозділі досліджень опубліковані у роботах [49].

3.5. Висновки до розділу

Узагальнюючи результати отриманих досліджень, можемо стверджувати, що окрім провідної ролі Міді в фізіологічних та біохімічних процесах в організмі тварин, даний мікроелемент, в оптимальній дозі, відіграє ключову роль у підтримці системи АОЗ, знижуючи при цьому ризик розвитку окисного стресу.

Згодовування Міді у формі цитрату на 10% більше норми викликає підвищення рівня високо- та низькомолекулярних антиоксидантів і супроводжується зниженням вмісту продуктів ПОЛ у крові кнурів-плідників. Оптимальний стан ПАГ в крові самців сприяє нормальному функціонуванню репродуктивних органів, забезпечує при цьому отримання біологічно повноцінних еякулятів: збільшення кількості сперматозоїдів з нормальною морфологією, а також підвищення їх рухливості і виживаності. Висока якість сперматозоїдів, а також оптимальна кількість вільних радикалів забезпечує нормальне злиття гамет, розвиток ембріонів та отримання нащадків. При додаванні до основного раціону самців досліджуваного мікроелементу на 20% понад норму в крові та спермі самців спостерігається інтенсифікація пероксидації, що призводить до негативних змін морфометричних параметрів

сперматозоїдів: збільшення кількості аномалій з одночасним зменшенням їх виживаності після 3-х годинного інкубування.

Додаткове згодовування кнурам-плідникам Міді у формі цитрату (5%) призводило до зниження активності ензимних антиоксидантів з одночасним сповільненням ПОЛ, про що свідчить зменшення вмісту ДК і ТБК-активних сполук у крові та спермі. Ці зміни стану ПАГ супроводжуються поступовим поліпшенням якості отриманих еякулятів, головним чином після припинення згодовування мікроелементу, що свідчить про накопичувальний ефект цієї кормової добавки.

Вживання кнурами-плідниками цитрату Міді в комплексі з ГТЛ забезпечує збільшення кількісних показників спермопродукції, а також поліпшує функціональну активність сперматозоїдів, а в подальшому сприяло отриманню приплоду кращої якості: більша кількість живих поросят у гнізді, які характеризуються вищою збереженістю та середньодобовими приростами.

Відіграючи провідну роль нейромедіатора у синтезі стероїдних гормонів, Мідь забезпечує нормальне протікання оогенезу та овуляції. При згодовуванні свинкам Міді у формі цитрату в кількості 10 % і 20 % вище за норму, починаючи з препубертатного періоду, відмічається більш ранній прояв статевих циклів, а також наближення їх тривалості до фізіологічних норм дорослих свиноматок. Накопичувальний ефект від споживання оптимальної дози досліджуваного мікроелементу проявляється в поліпшенні відтворної здатності перевіряємих свиноматок: більша кількість живих поросят при народженні та вища їх збереженість у підсисний період.

Додавання цитрату Міді окремо та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок до раціону порослих свиноматок сприяє оптимізації формування ПАГ в критичні періоди ембріогенезу, що забезпечує отримання біологічно повноцінних нащадків. Свиноматки, які вживали Мідь у формі цитрату в кількості 5 % більше норми характеризуються вищою збереженістю поросят в підсисний період, а згодовування комплексної кормової добавки сприяє збільшенню великоплідності та маси гнізда при відлученні.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Встановлення особливостей формування відтворної здатності свиней полягає в розумінні тісного взаємозв'язку репродуктивної системи цих тварин з функціонуванням організму в цілому. В умовах промислового свиначарства під впливом технологічних стресів, знижуються відтворні показники основного стада. Гомеостатичні механізми організму свиней передусім проявляються в зміні біохімічного статусу крові. Так, за згодовування Міді у формі цитрату в кількості 10 % і 20 % вище за норму відбувалося зростання концентрації альбумінів і глобулінів у крові, які є транспортними молекулами для даного мікроелементу [1, 28, 170, 222, 297]. Проведені дослідження свідчать, що споживання кнурами-плідниками Міді у формі цитрату на 10 % більше норми сприяло збільшенню вмісту глобулінів на 45-ту добу. При згодовуванні цього мікроелементу на 20 % вище за норму даний показник підвищувався вже після першого місяця, що імовірно пов'язано з тим, що понад 80 % Міді в організмі зв'язана з церулоплазміном. Наше припущення підтверджується даними досліджень Wu X. [315] та Ranganathan P. [253], результати яких вказують на існування позитивного кореляційного зв'язку між кількістю Міді в раціоні самців та рівнем церулоплазміну в крові.

Низька засвоюваність солей Міді зумовлює застосування альтернативних її сполук, зокрема хелатів, використання яких підвищує біодоступність мікроелементу, а отже, і збільшує акумулювання його в організмі. Проте надмірна насиченість клітин Міддю може проявляти токсичну дію, порушуючи при цьому функціональний стан гепатоцитів та нефронів, які відіграють провідну роль у білковому обміні [291]. У тварин дослідних груп, які додатково до раціону отримували Мідь у формі цитрату в кількості 10 % і 20 % вище за норму, вміст метаболітів білкового обміну, а саме: креатиніну та сечовини, змінювався в залежності тривалості згодовування мінеральної добавки, де на 30-ту добу відмічалось збільшення концентрації цих речовин.

Подібні результати були одержані Єфімовим В. Г. [10], де відмічалось підвищення компонентів залишкового азоту в крові великої рогатої худоби після місяця споживання корму з добавкою Міді.

При подальшому згодовуванні цього мікроелементу кнурам-плідникам відмічалось незначне зниження креатиніну та сечовини в крові, що мало вірогідно менші показники відносно інтактних тварин ($p < 0,05$). Це свідчить про нормальне функціонування ниркових клубочків, провідна функція яких – фільтрація та виведення метаболітів, а отже, відсутність індукованої Міддю ниркової токсичності [252].

Чисельні дослідження повідомляють про антиоксидантні та протизапальні властивості білірубіну [93, 161], що дозволяє використовувати його рівень як фізіологічний біомаркер окисного стресу. Необхідно відмітити, що в крові дослідних тварин, які споживали максимальну дозу цитрату Міді, відмічалось збільшення вмісту білірубіну ($p < 0,05$), тоді як додавання до раціону незначної кількості мікроеленту сприяло зниженню цього показника. Це очевидно обумовлено активацією захисних механізмів у відповідь на зміни ПАГ у напрямі інтенсифікації пероксидації [77].

Різні дослідження вказують на існування взаємозв'язку метаболізму глюкози з клітинним гомеостазом Міді [129, 153, 204, 308]. При згодовуванні кнурам-плідникам різних доз цитрату Міді встановлене зростання рівня глюкози, що перевищувало інтактних тварин протягом основного періоду ($p < 0,05$), що можливо викликано впливом даного мікроелементу на зниження чутливості підшлункової залози [295].

Аліментарний дефіцит Міді може бути однією з причин підвищеного рівня холестерину, тригліцеридів та ліпопротеїдів низької щільності крові тварин, тому забезпечення оптимального надходження цього мікроелементу є необхідним для підтримки нормального ліпідного обміну [181]. Це підтверджується отриманими нами даним, де при згодовуванні кнурам-плідникам різних доз цитрату Міді відмічалось одночасне зниження рівня холестерину ($p < 0,05$) та тригліцеридів ($p < 0,01$) у крові дослідних тварин.

Механізм зниження цих показників пояснюється тим, що надмірна їх кількість призводить до істотного використання відновленого глутатіону, з одночасним збільшенням його окисленої форми, яка у свою чергу пригнічує активність HMG-CoA [130]. Результати наших досліджень співпадають з даними Netto A. [227] та Wu X. [315], де добавка Міді до раціону самців сприяла зниженню рівня холестерину в крові та відкладанню його в м'язовій тканині.

За даними Hayashi H. [151] та Kasztelan-Szczerbinska B. [169] встановлено, що АЛТ і АСТ є специфічними ензимами для печінки, а їх активність у гепатоцитах майже в 3 тисячі разів вища, ніж у сироватці крові, тому високий рівень амінотрансфераз у цій тканині свідчить про порушення структури та підвищення проникності клітин печінки. Дослідження Eisenbach C. [127] свідчать, що токсична дія надмірної кількості Міді зумовлює підвищення АЛТ і АСТ у крові, однак не завжди набуває патогномонічного характеру. Наші дослідження вказують на те, що добавка Міді у формі цитрату в кількості 10 % вище за норму не призводило до цитолізу гепатоцитів, що підтверджується незначною лабільністю активності цих ензимів протягом експерименту, а коефіцієнт де Рітиса коливався від 1,06 до 1,58, що було в межах норми для цього виду тварин [226]. Водночас згодовування Міді у формі цитрату на 20% більше добової потреби зумовлювало істотне зниження активності АСТ і збільшення АЛТ ($p < 0,05$) та супроводжувалося зниженням коефіцієнту де Рітиса (< 1), що може вказувати на порушення процесів дезамінування та трансамінування амінокислот. Однак, враховуючи те, що тривалість згодовування високих доз Міді (20 %) становила 45 діб, причиною цих змін може бути розвиток окисного стресу, який викликаний надмірною кількістю вільної форми цього мікроелементу [114, 191].

Окремі дослідження вказують на те, що ГГТ є більш чутливим біомаркером гепатотоксичної дії Міді [103, 157, 202]. Під час наших досліджень встановлено, що при згодовуванні кнурам-плідникам Міді у формі цитрату в кількості 10 % вище за норму протягом 45-ти діб, активність ГГТ у крові була меншою відносно початку досліду, тоді як максимальна доза (20 %)

цього мікроелементу призводила до підвищення рівня даного ензиму. Коливання активності ГГТ, імовірно, обумовлене тим, що даний ензим відіграє провідну роль у метаболізмі відновленого глутатіону, підтримуючи систему АОЗ, однак з іншого боку, при взаємодії з іонами металів (Fe, Cu), може виступати в ролі прооксиданта [92, 184].

Інтенсивність обміну речовин в організмі свиней має визначний вплив на формування ПАГ як в крові, так і в окремих органах [67, 112, 182]. Реакційна дія вільних радикалів Оксигену супроводжується окисненням структурних компонентів клітинної мембрани з інтенсивним утворенням первинних продуктів пероксидації – ДК [213, 223]. Під час наших досліджень встановлено, що згодовування кнурам-плідникам максимальної дози цитрату Міді змінює ПАГ у крові в напрямі прискорення пероксидації, провокуючи посилене генерування АФО [203]. Отримані нами результати щодо різниці інтенсивності протікання пероксидації при споживанні різних доз цитрату Міді підтверджуються дослідженнями Усенко С. О. [58], в яких доведено, що високі дози мікроелементів (Cu, Zn, Se, Fe) у раціоні кнурів-плідників призводять до зниження стійкості еритроцитів до реакційної дії вільних радикалів, тоді як незначна їх даванка самцям сприяла гальмуванню утворення метаболітів ПОЛ з одночасним посиленням системи АОЗ.

Експериментальні дані власних досліджень вказують на те, що додаткове згодовування кнурам-плідникам 20 % Міді у формі цитрату призводить до розвитку окисного стресу, про що свідчить максимальне утворення ТБК- активних сполук у крові дослідних тварин на кінець основного і заключного періодів ($p < 0,05$). Імовірно, це обумовлено тим, що на 45-ту добу споживання мікроелементу ємність печінки щодо накопичення Міді була перевищена, а її вільна форма значною мірою вивільняється у кровотік, яка за наявності супероксиду каталізує генерування гідроксильних радикалів через реакцію Габера–Вейса [118, 188, 198].

Гіпотеза окисного стресу, тобто порушення рівноваги між антиоксидантами й вільними радикалами, на користь останніх, стверджує, що

АФО, які генеруються під час клітинного дихання, пошкоджують білки та ліпіди, чим ініціюють ланцюг пероксидації [141]. При згодовуванні кнурам-плідникам максимальної дози Міді у формі цитрату протягом 45-ти діб активність СОД у крові цих тварин була найвищою. Високий рівень СОД імовірно обумовлений тим, що при дисмутації супероксиданіон радикалів даний ензим використовує окисно-відновний цикл атома Міді, відіграючи при цьому провідну роль у першочерговій ланці нейтралізації вільних радикалів [159]. Результати наших досліджень підтверджуються даними Liu H. [199], де вживання тваринами цього виду різних доз хелатних сполук Міді супроводжувалося підвищенням активності СОД у сироватці крові, яка проявляє залежно від умов прооксидантні і антиоксидантні властивості [97, 260].

При додаванні Міді у формі цитрату на 10 % більше норми до комбікорму кнурів-плідників протягом 45-ти діб відмічалось збільшення вмісту відновленого глутатіону, проте максимальна доза цього мікроелементу призводила до прискореного використання цього тіолу. Це зумовлено тим, що до антиоксидантних властивостей відновленого глутатіону відносять транспорт Cu^{2+} до ензимів, зокрема СОД, а також нейтралізацію її вільних іонів [137, 249]. Отримані результати дослідження підтверджуються даними Wu M. [314] і Vidyashankar S. [303], в яких доведено, що вживання тваринами надмірної кількості Міді призводить до розвитку окисного стресу, який супроводжується істотним використанням відновленого глутатіону, що пояснюється адаптаційним механізмом організму на надмірне генерування вільних радикалів.

Мікронутрієнти мають вагомий вплив на репродуктивну здатність, тому їх рівень у спермі є одним з головних біомаркерів якості спермопродукції [135, 233]. При цьому особлива роль у нормальному формуванні відтворної функції належить Міді. Це підтверджується отриманими результатами досліджень щодо впливу згодовування Міді у формі цитрату на 20 % вище за норму на кількісні параметри спермопродукції

у кнурів-плідників – збільшенні маси еякулятів і концентрації сперматозоїдів. Про позитивний вплив вмісту даного мікроелементу в крові та спермі на якість спермопродукції відмічає Eidi M. та Tvrdá E. [126, 299].

Кнури-плідники, які споживали різні дози цитрату Міді мали найвищі показники функціональної активності сперматозоїдів. Це обумовлено тим, що рівень Міді в спермальній плазмі вважається важливим фактором в утворенні циклічного аденозинмонофосфату (ц-АМФ) у внутрішньому середовищі сперматозоїдів, що активізує їх рухливість [263]. Однак за надмірної концентрації Міді в крові спостерігається зниження рН спермальної плазми, що погіршує рухливість та виживаність гамет [126].

Виявлена нами закономірність покращення виживаності сперматозоїдів після трьохгодинного інкубування у кнурів-плідників, яким згодовували Мідь у формі цитрату в кількості 10 % більше норми, очевидно, обумовлена тим, що даний мікроелемент є кофактором СОД, яка захищає сперматозоїди від окисного стресу й цитохром-с-оксидази, яка бере участь в енергетичному обміні гамет та підтримці гуморального імунітету [246]. У самців, яким згодовували Мідь у формі цитрату в кількості 20 % вище за норму, виживаність статевих клітин знижувалась. За даними Pesch S. [242], збільшення вмісту Міді призводить до порушення гліколізу в спермальній плазмі, що пригнічує мітохондріальний потенціал сперматозоїдів, знижує їх рухливість та виживаність. Негативний вплив високого рівня мікроелементів у спермальній плазмі на рухливість та виживаність сперматозоїдів також був встановлений в дослідженнях Рокотянської В. О. [71].

Існують припущення, що морфометричні показники сперматозоїдів впливають на їх рухливість та виживаність. Загальна довжина сперматозоїдів має позитивний кореляційний зв'язок зі швидкістю та видом руху. Вважається, що сперматозоїди з довгими джгутиками швидше пересуваються статевими шляхами самки та першими досягають яйцепроводів [94, 147]. В ході наших досліджень виявлено, що загальна довжина сперматозоїдів була найвищою в кнурів-плідників, котрі споживали мінеральну добавку протягом

45-ти діб в оптимальній кількості, що імовірно збільшувало їх запліднюючу здатність. Про позитивний вплив на морфологію сперматозоїдів (загальна довжина і довжина головки) за корегування живлення самців повідомляє Павлова І. В. [31].

З даних Gorski K. [146], відомо, що існує взаємозв'язок параметрів еякуляту з розмірами та формою сперматозоїдів. Встановлено, що зі збільшенням маси еякуляту відмічається зменшення довжини та ширини головки, а отже, і її об'єму, однак такі сперматозоїди мають джгутики більшої довжини [154]. Подібна тенденція підтверджується нашими дослідженнями, де у кнурів-плідників, які додатково отримували Мідь спостерігалася максимальна маса еякуляту, а сперматозоїди мали довші джгутики та головки більш округлої форми [280].

Відомо, що біохімічний склад сперми відіграє досить важливу роль у збереженні функціональної активності сперматозоїдів. У процесі наших досліджень встановлений вплив рівня надходження до організму Міді на біохімічні перетворення в спермі та головним чином на формування ПАГ. Ефект від споживання кнурами-плідниками Міді у формі цитрату на 10 % більше норми відмічався на 45-ту добу основного періоду експерименту [73]. Позитивна дія даного мікроелементу проявлялася в підвищенні системи АОЗ, а саме: збільшенні активності СОД ($p < 0,01$), яка стабілізує утворення вільних радикалів у період сперматогенезу та під час зберігання спермодоз [76].

Дисмуація супероксиду супроводжується утворенням перекису водню, який має більш реактивну дію на сперматозоїди. Надлишок H_2O_2 призводить до активації КТ, яка головним чином діє в ендоплазматичному ретикулумі, пероксисомах, мітохондріях, цитозолі та спермальній плазмі [224, 265]. Згодовування Міді у формі цитрату в кількості 10 % вище за норму сприяло зниженню рівня КТ ($p < 0,05$) [73], а отже, контролює вміст H_2O_2 в спермальній плазмі, чим підвищує виживаність сперматозоїдів на 45-ту добу споживання [240].

Відновлена форма Міді здатна каталізувати гідроксильний радикал, який має високу реакційну здатність на сперматозоїди [214]. За результатами наших досліджень у спермі тварин, котрі споживали Мідь у формі цитрату в максимальній кількості відмічалось збільшення рівня ДК та ТБК-активних сполук [280], що свідчить про те, що іони Міді пригнічують антиоксидантні реакції [196]. Підвищений вміст метаболітів свідчить про посилене ПОЛ мембрани сперматозоїдів з подальшим пригніченням їх рухливості після трьохгодинного інкубування відносно тварин, котрі отримували оптимальний рівень Міді, та підтверджується дослідженнями Abdul-Rasheed O. F. [76]. Одночасно з цим встановлений низький вміст відновленого глутатіону та високий рівень ДАК у досліджуваних секретах тварин, котрі отримували Мідь у формі цитрату на 20 % вище за норму, що вказує на синергічний взаємозв'язок даних біологічно активних речовин. Зниження рівня відновленого глутатіону імовірно пов'язано з тим, що в поєднанні з глутатіонпероксидазою, приймає участь не лише в інактивації пероксид гідрогену, але й інтенсивно використовується в метаболізмі клітин та детоксикації Cu^+ [255].

Сперматозоїди є найбільш вразливими клітинами організму до реакційної дії вільних радикалів [68]. При додаванні цитрату Міді до розріджувача відмічалось збереження рухливості сперматозоїдів на рівні 86 % і 82 % при зберіганні зразків сперми протягом 3-х і 24-х годин за температури 17°C. При розрідженні сперми відмічається зниження концентрації іонів Міді, тому додавання до цих зразків досліджуваного мікроелементу сприяло нормалізації його вмісту, а отже, забезпечувало активність антиоксидантного ензиму СОД. Однак введення цитрату Міді до цільної сперми імовірно призводило до її перенасичення та посилювало генерування вільних радикалів, що викликало негативний ефект на виживаність сперматозоїдів.

Доведено, що хелатні сполуки мікроелементів краще проникають у сперматозоїди та здійснюють коригуючий вплив на інтенсивність окисних процесів. З даних Яремчук І. М. [75] з'ясовано, що для оптимізації окисного

метаболізму (дихальна активність) та підтриманні рухливості сперматозоїдів під час зберігання, до розріджувачів сперми бугаїв-плідників доцільно додавати 0,004 мг/л Cu -цитрату, що в 20 разів нижче відносно неорганічних солей даного елементу. Зокрема, наші результати співпадають з дослідженнями Корнят С. Б. [17], у яких встановлено, що додавання наносукцинату Cu^{2+} (0,04 мг/л) до розріджувача відмічається найбільша тривалість виживання сперматозоїдів кнурів-плідників, що відмічалось на фоні сповільнення процесів пероксидації.

Значна кількість наукових даних свідчить про високу біологічну цінність продукції бджільництва на функціонування організму, що обумовлено високим вмістом вуглеводів, жирів, білків, органічних кислот, вітамінів та мінеральних сполук [29, 145]. Вживання кнурами-плідниками цитрату Міді з ГТЛ сприяло збільшенню вмісту загального білка в крові, переважно завдяки глобулінам ($p < 0,05$), з одночасним зниженням концентрації сечовини й креатиніну ($p < 0,05$). Імовірно, це обумовлено тим, що продукти бджільництва, зокрема ГТЛ, містять у своєму складі значну кількість замінних і незамінних амінокислот, які відіграють провідну роль в білковому обміні, а дана доза Міді не мала токсичного впливу на функціонування гепатоцитів і нефронів, що підтверджується вмістом сечовини, креатиніну та активності ензимів (АЛТ, АСТ) в сироватці крові в межах фізіологічної норми [271, 319]. Результати наших досліджень узгоджуються з багатьма даними, де використання продуктів бджільництва (бджолина отрута і пилок) поліпшували біохімічний склад крові, що також стимулювало процеси сперматогенезу [89, 128]. При згодовуванні Міді у формі цитрату (5 %) окремо та в поєднанні з ГТЛ відмічається зниження активності ГГТ в обох дослідних групах на 29,2 %. Це очевидно обумовлено розвитком компенсаторної реакції організму на розвиток окисного стресу, завдяки додаткового синтезу відновленого глутатіону, який забезпечується даним ензимом.

Згодовування комплексної кормової добавки супроводжувалося прискоренням процесу пероксидації, про що свідчить збільшення вмісту ДК і

ТБК-активних сполук, глобуліну та загального білірубіну з паралельним зниженням активності СОД, КТ і ГГТ та збереженістю низькомолекулярних антиоксидантів. Перш за все, це пов'язано з тим, що Мідь виступає кофактором ензимів, які захищають клітини від негативної дії вільних радикалів. По-друге, ГТЛ містить велику кількість біологічно активних речовин, а саме: гормонів, вітамінів та мінеральних речовин, які прямо чи опосередковано визначають інтенсивність пероксидації [281]. Наші дослідження узгоджуються з роботами інших авторів [150, 216], які повідомляють про посилення системи АОЗ в крові та спермі після згодовування самцям продуктів бджільництва.

Додаткове згодовування кнурам-плідникам Міді у формі цитрату (5%) сприяло поліпшенню кількісних та якісних показників спермопродукції. Подібні результати щодо впливу даного мікроелементу на якість отриманих еякулятів були відмічені в дослідженнях Majumder A. [210], де споживання Міді бугаями-плідниками забезпечує збільшення маси еякуляту та концентрації сперматозоїдів. Проте багаточисельні дослідження вказують на токсичну дію Міді на відтворну здатність самців не лише при надмірній кількості, але й при довготривалому її споживанні. Підвищена насиченість Міді в гонадах призводить до суттєвого зниження кількості сперматогоній, сперматоцитів та сперматозоїдів [111]. Ці дані вказують на необхідність нормування даного мікроелементу в живленні самців, що використовуються в системі штучного осіменіння.

При споживанні кнурами-плідниками комплексної кормової добавки відмічалось збільшення маси еякуляту протягом всього експерименту [73], що, імовірно обумовлено наявністю в ГТЛ біологічно активних компонентів, стероїдних гормонів і сульфгідрильних груп, котрі необхідні для нормального функціонування придаткових статевих залоз. Наші результати досліджень співпадають з даними Shoinbayeva K. B. [277], з яких встановлений позитивний вплив ГТЛ на показники якості спермопродукції.

Одночасно зі збільшенням кількісних показників отриманих еякулятів у кнурів-плідників, які споживали цитрат Міді окремо та в поєднанні з ГТЛ, відмічалися максимальні показники функціональної активності сперматозоїдів, де провідна роль належить мітохондріальному окисному фосфорилуванню, водночас провідна роль в даному процесі належить Міді [168]. Виявлена нами закономірність покращення виживаності сперматозоїдів після трьохгодинного інкубування зразків сперми від кнурів-плідників, яким згодовували Мідь у формі цитрату на 5 % більше норми та комплексну кормову добавку (Мідь у формі цитрату із ГТЛ), пояснюється тим, що Мідь є кофактором СОД – головного антиоксидантного ензиму, який захищає сперматозоїди від окисного стресу, а складові ГТЛ мають високі антиоксидантні властивості. Про істотні позитивні зміни запліднюючої здатності сперматозоїдів кнурів-плідників, які проявлялися на фоні поліпшення рухливості й виживаності гамет за рахунок парентерального введення екстракту ГТЛ повідомляє Volatovna K. S. [102].

Одним із ефективних методів визначення біологічної повноцінності сперматозоїдів, а також виявлення можливого відхилення в протіканні сперматогенезу є морфометричний аналіз гамет [221]. Під час проведення мікроскопічного дослідження статевих клітин самців свиней, ми встановили, що згодовування цитрату Міді як окремо так і в поєднанні з ГТЛ сприяло зниженню кількості сперматозоїдів з аномальною морфологією, що підтверджується експериментальними даними Volatovna K. S. [102]. Також відомо, що нормальна морфологія цих клітин і також їх здатність до прямолінійно-поступального руху позитивно корелюють з активністю СОД і КТ у спермальній плазмі [208].

Відомо, що експресія гену СОД1 в сім'яниках має вищий рівень відносно інших тканин організму [108], водночас дисмуація супероксиду характеризується утворенням пероксид гідрогену (H_2O_2), який має високу реактивну дію на сперматозоїди [224]. Згодовування кормових добавок тваринам дослідних груп сприяло одночасному зниженню активності СОД

($p < 0,05$) і КТ, а отже, забезпечує регулювання негативної дії радикалів на гамети, чим підвищувало рухливість та виживаність сперматозоїдів протягом експерименту [73].

Біохімічний склад сперми має визначальний вплив на функціональну активність сперматозоїдів. З результатів експериментальних даних Ільченко М. О. [12] встановлено, що в кнурів високої якості спермопродукції відмічається вищий вміст альбуміну, сечовини та холестерину. У наших дослідях встановлено, що згодовування кнурам-плідникам цитрату Міді в комплексі з ГТЛ сприяє змінам біохімічного складу сперми, що відмічається на фоні збільшення вмісту загального білку та метаболітів його обміну, а також збільшення активності АЛТ і АСТ. Зокрема необхідно відмітити, що заплідненість свиноматок, яких осіменяли спермодозами від цих самців становила найвищі показники.

Період статевого дозрівання є одним із найважливіших етапів розвитку ремонтних свинок. В ході проведених досліджень встановлено, що в цих тварин, які споживали цитрат Міді, відмічаються вищі показники живої маси протягом усього експерименту в порівнянні з інтактними тваринами. Це обумовлено тим, що даний мікроелемент бере участь у експресії мРНК нейропептиду Y, який є індуктором підвищення споживання корму [187]. Отримані дані підтверджуються чисельними дослідженнями, у яких продемонстровано, що згодовування різних форм та доз Міді сприяє збільшенню середньодобових приростів молодняку свиней, інтенсивності поїдання ними корму та його конверсії [194, 196, 332]. Доведено, що нормальна вгодованість свинок при першому осіменінні визначає продуктивність у наступних циклах, оскільки є ключовим фактором дозрівання ооцитів, а отже, й визначає якість отриманого приплоду [132].

Результати наших досліджень свідчать, що в період становлення статевих циклів від 180-ї до 270-ї доби розвитку відмічається лабільність стану ПАГ, що імовірно обумовлено збільшенням амплітуди коливань гормонального фону [50]. Про істотні зміни гормонального статусу в крові пубертатних

свинок і суттєві кореляційні зв'язки між цими біологічно активними речовинами та компонентами ПАГ також відомо із досліджень Усенко С.О. [58]. За результатами проведених експериментів встановлено, що після досягнення свинками 7-ми місячного віку та прояву І-ї охоти, у тварин, які вживали Мідь у формі цитрату в кількості 10 % вище за норму відмічалось сповільнення пероксидації [50]. Це свідчить про активацію гомеостатичних механізмів у період прояву перших статевих циклів, що направлене на підтримку оптимальних умов для процесу злиття гамет. При цьому, низький рівень АФО відіграє провідну роль у функціонуванні яєчників (дозрівання фолікулів, овуляція) та ендотелію (стимуляція ангіогенезу) [302]. За таких умов оптимальне аліментарне надходження Міді забезпечує посилення системи АОЗ, підтримуючи необхідний рівень вільних радикалів. Згодовування максимальної дози мікроелементу супроводжувалось інтенсифікацією ПОЛ у крові пубертатних свинок [50]. Про розвиток окисного стресу при надмірному аліментарному надходженні Міді до організму тварин повідомляє Liu H. [198]. Порушення рівноваги між генеруванням вільних радикалів і станом системи АОЗ у фолікулярній рідині в значній мірі знижує якість ооцитів [206].

У період становлення статевої функції молодих свинок відмічаються зміни статевих циклів, які проявляється більш вираженим (чітким) їх проявом та зменшенням тривалості. Це обумовлено морфологічною та секреторною перебудовою в яєчниках та коливанням рівня естрогенів, які перебувають під контролем гіпоталамо-гіпофізарно-яєчникової системи [172]. При згодовуванні різних доз цитрату Міді ремонтним свинкам відмічався більш ранній прояв 1-го, 2-го, 3-го та 4-го статевих циклів в межах 3–9 діб порівняно з тваринами, які отримували основний раціон [50]. Встановлено, що Мідь має регулюючу дію на репродуктивну систему як на нейроендокринному, так і на гонадному рівнях. Завдяки тому, що Мідь є активним центром дофамін- β -монооксидази, даний мікроелемент відіграє провідну роль в утворенні норадреналіну, одного із нейромедіаторів синтезу й секреції гіпоталамічних

гормонів: лютеїнізуючого і фолікулостимулюючого, зміна співвідношень яких і визначає момент настання охоти [264].

З досліджень Choi H. [116] встановлено, що інкубування ооцитів самок свиней у середовищі з Міддю сприяє поліпшенню їх дозрівання, а в подальшому підвищує ембріональний потенціал, що відбувається на фоні одночасного збільшення внутрішньоклітинної концентрації АФО і антиоксидантів (СОД і відновленого глутатіону). Однак зворотній ефект Міді на дозрівання ооцит-кумулясних комплексів при високих концентраціях цього мікроелементу відмічено в дослідженнях Chen J. [112]. Результати вищенаведених експериментальних даних імовірно пояснюють більшу запліднюючу здатність свинок, яким згодовували Мідь у формі цитрату в кількості 10 % більше норми, та дещо нижчу у тварин, котрі вживали максимальну дозу цього мікроелементу [50].

Значною кількістю досліджень було підтверджено, що життєздатність та продуктивність отриманого приплоду в значній мірі обумовлюються оптимальним живленням самок у період формування репродуктивної функції [215, 254, 286]. За результатами наших досліджень встановлено, що згодовування свинкам Міді у формі цитрату в кількості 10 % вище за норму в препубертатний та пубертатний період забезпечувало формування біологічно повноцінних гамет, що підтверджується високими відтворними показниками: більша кількість живих поросят при опоросі та відлученні. Подібний ефект від згодовування кормових добавок свинкам у період статевго дозрівання відмічено в спільних дослідженнях Шості А. М. та Ємця Я. М. [69].

Поросність та лактація вважаються найбільш виснажливими періодами для свиноматок, що супроводжуються істотним метаболічним навантаженням на організм самок [39]. Так із наближенням опоросу (104-та доба поросності) у крові інтактних та дослідних свиноматок стан ПАГ змінюється в напрямку прискорення процесів ПОЛ - збільшення вмісту ДК та ТБК-активних сполук ($p < 0,05$) з одночасним підвищенням активності СОД. Дана закономірність посиленого генерування вільних радикалів в останню декаду поросності

пояснюється завершенням формування систем органів плодів, який супроводжується збільшенням базального споживання Оксигену, а також посиленою плацентарно-мітохондріальною активністю завдяки максимального збільшення об'єму цього органу [124, 232]. Результати багатьох досліджень свідчать про те, що посилене генерування АФО в період вагітності ссавців є нормальним біохімічним процесом, що й обумовлює необхідність додаткового аліментарного надходження біологічно активних речовин антиоксидантної дії задля максимального збереження плодів від реакційного впливу вільних радикалів [115, 158].

Отримані нами дані вказують на інтенсифікацію перекисного окиснення ліпідів у крові свиноматок після опоросу, про що свідчить збільшення вмісту метаболітів ПОЛ. Про підвищення концентрації основного біомаркери окисного стресу – малонового діальдегіду в сироватці крові самок після пологів, повідомляє Fainaru O. [133]. Ці зміни пояснюються комплексними фізіолого-біохімічними перебудовами в організмі свиноматок у передпологовий період, для якого характерні істотні зміни гормонального фону. Зокрема сам процес опоросу відбувається за рахунок скорочень міометрію, а тонус судин у цій тканині підтримується відповідним рівнем АФО [285].

Вживання тваринами цитрату Міді окремо та в поєднанні з ГТЛ сприяло нижчому вмісту первинних і вторинних продуктів пероксидації, що відмічалось на тлі зниження активності СОД і КТ, а також інтенсивного використання низькомолекулярних антиоксидантів, яке відбувається на тлі високого вмісту поліфенольних сполук та вітамінів С і Е [281]. Результати наших проведених експериментів підтверджуються багатьма дослідженнями, які свідчать, що згодовування свиноматкам антиоксидантних кормових добавок в другу половину поросності забезпечувало зниження метаболітів пероксидації та підвищувало стан АОЗ у їх крові, що супроводжувалося високими якість отриманого приплоду [256, 307]. Зокрема Attia Y. [90, 91] чисельними дослідженнями на самках кролів підтверджувала позитивний

вплив згодовування продуктів бджільництва на їх репродуктивні показники, особливо на ріст та виживаність приплоду.

За умов згодовування мінеральних кормових добавок поросним свиноматкам спостерігалось зменшення кількості продуктів пероксидації у поросят [14]. Це обумовлено тим, що остання декада поросності супроводжується істотним транспортом низькомолекулярних антиоксидантів з організму матері до плодів, що свідчить про підготовку новонароджених поросят до окисного стресу [67]. Водночас для свиней характерний гістотрофний тип живлення, тому кількість мікроелементів в ендометрію та міометрію, визначає ріст та розвиток плодів [318].

Для поросят молозиво, а далі молоко матері є основним джерелом поживних речовин, які забезпечують нівелювання негативних дій вільних радикалів завдяки посиленню системи АОЗ [207]. Результати наших досліджень свідчать, що завдяки додатковому згодовуванню кормових добавок свиноматкам протягом другої половини поросності, у крові поросят 5-ти денного віку відмічався вищий рівень активності СОД і КТ. Це співпадає з експериментальними даними [134], де в годівлі поросних маток використовували хелати Селену.

Ефективність використання основних свиноматок значною мірою залежить від тривалості підсисного періоду. Раннє відлучення є найбільш стресовим періодом для поросят, що супроводжується істотними змінами стану ПАГ у їх крові у напрямі прискорення процесів пероксидації, про що свідчать результати багатьох науковців [229, 282]. Розвиток окисного стресу у відлученого молодняку обумовлений дією багатьох факторів, основним з яких є зміна годівлі, що зумовлює зниження засвоювання поживних речовин. За даними Мартишук Т. В. [24] формування ензимної ланки антиоксидантного захисту у поросят відбувається до 60-ти денного віку. Результати наших досліджень свідчать, що в крові відлучених поросят всіх груп відмічалось збільшення метаболітів ПОЛ у підсисний період, проте спостерігалася лабільність стану системи АОЗ залежно від раціону матерів.

Отже, період поросності та лактації у свиноматок характеризується зміщенням стану ПАГ, що пояснюється лабільністю метаболічних навантажень на організм матері, які направлені на забезпечення нормального росту і розвитку плодів, а в подальшому – поросят. Це свідчить про важливість і необхідність забезпечення організму самок мікронутрієнтами антиоксидантної дії залежно від їх фізіологічного стану.

ВИСНОВКИ

У дисертації теоретично узагальнено й експериментально обґрунтовано вплив корекції живлення кнурів-плідників на формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу, біохімічного та мінерального складу у крові й спермі, а також взаємозв'язок цих показників з функціональною активністю сперматозоїдів. Розкрито особливості перебігу процесів пероксидації в крові свинок і свиноматок залежно від фізіологічного стану та за умови додаткового споживання окремо Міді у формі цитрату Міді нанотехнологічного походження та в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок.

1. Встановлено, що згодовування кнурам-плідникам Міді у формі цитрату Міді в кількості 10 % вище за норму протягом 30-ти діб сприяє зниженню вмісту дієнових кон'югатів на 10,2 % з одночасним зростанням активності: супероксиддисмутази на 17,8 %, кількості відновленого глутатіону на 17,3 % та аскорбінової кислоти на 20,9 % у крові. При цьому рухливість сперматозоїдів істотно корелює з активністю супероксиддисмутази ($r = -0,49$) та каталази ($r = -0,42$). Додаткове вживання цього мікроелементу в кількості 20 % протягом 45-ти діб супроводжується інтенсифікацією процесів пероксидації у цій тканині, про що свідчить вищий рівень загального білірубіну ($p < 0,05$), дієнових кон'югатів ($p < 0,05$) і ТБК-активних сполук, а також нижчий вміст холестерину ($p < 0,05$). Водночас встановлені суттєві кореляційні взаємозв'язки між вмістом відновленого глутатіону та рухливістю ($r = -0,75$) і виживаністю сперматозоїдів ($r = -0,62$).

2. Додавання до раціону кнурів-плідників Міді у формі цитрату Міді на 10 % більше норми підвищує масу еякуляту на 12,5 % ($p < 0,05$), рухливість на 6,5 % ($p < 0,01$) та виживаність сперматозоїдів на 13,5 % ($p < 0,001$) на 45-ту добу споживання з одночасними вірогідним збільшенням морфометричних параметрів цих гамет (загальна довжина та об'єм головки). Такі зміни в спермі відбуваються на тлі зменшення вмісту дієнових кон'югатів на 11,6 %,

зниження рівня каталази на 43,5 % ($p < 0,05$), з одночасним збільшенням активності супероксиддисмутази на 80,6 % ($p < 0,05$).

3. Споживання кнурами-плідниками максимальної дози Міді у формі цитрату Міді підвищує концентрацію сперматозоїдів ($p < 0,01$), їхню рухливість та виживаність ($p < 0,001$) по завершенню 30-ї доби основного періоду експерименту. Збільшення терміну згодовування цього мікроелементу до 45-ї доби призводить до зниження показника виживаності сперматозоїдів, а також зменшення їх загальної довжини ($p < 0,001$) та довжини тіла ($p < 0,001$). Ці зміни відбуваються на фоні прискорення процесів пероксидного окиснення ліпідів: збільшення концентрації дієнових кон'югатів, ТБК-активних сполук ($p < 0,05$) і дегідроаскорбінової кислоти ($p < 0,001$).

4. Введення цитрату Міді до цільної сперми в умовах *in vitro* знижує рухливість сперматозоїдів ($p < 0,001$) після 3-х та 24-х годинного зберігання за різних температурних режимах (17°C і 38°C), що супроводжується збільшенням вмісту дієнових кон'югатів від 39,6% ($p < 0,01$) до 105,9 % ($p < 0,001$), ТБК-активних сполук від 45,7 % ($p < 0,001$) до 72,2 % ($p < 0,001$). Інкубування розріджених зразків сперми із цитратом Міді за температури 17°C протягом 3-х і 24-х годин стимулює рухливість сперматозоїдів та гальмує процеси пероксидації – нища концентрація дієнових кон'югатів ($p < 0,05$ – $p < 0,01$), активність супероксиддисмутази ($p < 0,01$) та більша кількість аксорбінової ($p < 0,01$) та дегідроаскорбінової ($p < 0,05$) кислот.

5. За додаткового споживання кнурами-плідниками Міді у формі цитрату Міді в кількості 5 % вище норми протягом 45-ти діб у крові відмічається нижчий вміст дієнових кон'югатів на 15,1 % і ТБК-активних сполук на 15,2 %. Згодовування самцям комплексної кормової добавки (цитрат Міді із гомогенатом трутневих личинок) зміщує прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у напрямі прискорення процесів пероксидації: збільшення вмісту дієнових кон'югатів на 36,1 % і ТБК-активних сполук на 33,3 %, глобуліну на 19,1 % ($p < 0,001$) та зменшення активності супероксиддисмутази на 26,6 % і каталази на 20,6 %.

6. Комплексне використання Міді у формі цитрату Міді (5 %) в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок у годівлі кнурів-плідників на 45 добу споживання, вірогідно, збільшує масу еякуляту у 1,2 рази ($p < 0,001$), загальну кількість сперматозоїдів у 1,3 рази ($p < 0,01$), їхню кількість живих форм в 1,3 рази ($p < 0,001$), однак інтенсифікує процеси пероксидації у спермі: підвищує концентрацію дієнових кон'югатів на 30-ту добу на 17,1 % і 45-ту добу основного періоду на 20,5 %.

7. Додаткове згодовування кнурам-плідникам Міді у формі цитрату Міді окремо або в поєднанні з гомогенатом трутневих личинок призводить до зменшення загальної довжини сперматозоїдів ($p < 0,01$ – $p < 0,001$). Водночас тварини, які вживали комплексну кормову добавку, мали більшу довжину ($p < 0,01$) і об'єм ($p < 0,05$) головки сперматозоїдів, меншу кількість аномальної морфології цих статевих клітин та високий відсоток заплідненості свиноматок (93,3%).

8. У крові свинок у процесі росту стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу є лабільним, особливо в період становлення статевих циклів – від 180-ї до 270-ї діб. Додаткове згодовування Міді у формі цитрату Міді на 10 % понад норму сповільнює процеси пероксидації у крові. Це сприяє більш ранньому вияву статевих циклів на 5–11 діб, збільшенню заплідненості свиноматок, багатоплідності та збереженості поросят у 28-ми денному віці ($p < 0,01$). Уведення у корм Міді у формі цитрату Міді на 20 % понад норму стимулює процеси пероксидного окиснення ліпідів після досягнення свинками 7–8-ми місячного віку: збільшення вмісту дієнових кон'югатів, ТБК-активних сполук ($p < 0,01$) та підвищення активності супероксиддисмутази ($p < 0,01$). Зміни констант прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в напрямі інтенсифікації пероксидації в крові цих тварин виявлено й після опоросу. Рівень виживаності поросят перед відлученням прямо корелює з концентраціями аскорбінової й дегідроаскорбінової кислотами у крові відповідно $r = 0,60$ і $r = 0,53$.

9. У свиноматок істотні зміни стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу в крові відбуваються перед та під час опоросу в напрямі прискорення процесів пероксидного окиснення. Додаткове згодовування свиноматкам Міді у формі цитрату Міді окремо та в комплексі з гомогенатом трутневих личинок призводить до гальмування розвитку окисного стресу в цей період: зниження активності каталази, вмісту відновленого глутатіону ($p < 0,05$), аскорбінової кислоти ($p < 0,05$), дієнових кон'югатів і ТБК-активних сполук, що супроводжується збільшенням кількості живих поросят при народженні. Тварини, до раціону яких додавали Мідь у формі цитрату Міді в кількості 5 % понад норму, мають вищу збереженість поросят, яка корелює із вмістом дієнових кон'югатів ($r = -0,49$), ТБК-активних сполук ($r = -0,41$) та дегідроаскорбінової кислоти ($r = -0,51$) у їхній крові.

ПРОПОЗИЦІЇ

1. Для підвищення кількісних і якісних показників якості спермопродукції кнурів-плідників за рахунок оптимізації протікання сперматогенезу рекомендується до основного раціону самців додавати 10 % Міді у формі цитрату від добової потреби (Патент України на корисну модель № 152236 «Спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників»).

2. Для поліпшення відтворної здатності кнурів-плідників та заплідненості свиноматок доцільно використовувати кормову добавку гомогенат трутневих личинок 0,5 г/гол. на добу в комплексі з Міддю у формі цитрату в кількості 5 % вище за норму (Патент України на корисну модель № 151328 «Спосіб поліпшення відтворної здатності кнурів-плідників»).

3. Одержані результати досліджень пропонуємо використовувати при підготовці здобувачів вищої освіти за спеціальністю 204 Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва, у роботі наукових та виробничих лабораторіях аграрного профілю.

СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антоняк Г. Л., Важненко О. В., Панас Н. Є. Біологічна роль купруму та купрумвмісних білків в організмі людини і тварин Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2011. №2, т. 13. С. 322–332.
2. Білявцева В. В. Продуктивність молодняку свиней за згодовування білково-вітамінно-мінеральної добавки «Енервік» : дис. кандидата с.-г. наук: 06.02.02 / Вінницький національний аграрний університет. Вінниця, 2017. 162 с.
3. Бомко В. С., Баранюк О. М. Вплив змішанолігандного комплексу купруму на динаміку живої маси свиней на відгодівлі. Аграрна наука та харчові технології. 2017. Вип. 3(97). С. 19–24.
4. Бордуне А. Органічні форми мікроелементів – запорука здоров'я свиноматок і поросят. Продуктивне свинарство. 2014. №3(21). С. 81–84.
5. Влізло В. В. Довідник: Фізіолого-біохімічні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині. Львів, 2004. 399 с.
6. Газієв Б. М., Саприкін В. О., Іонов І. А., Жукорські О. М., Марченков Ф. С., Мартенюк І. О. Ефективність згодовування різних доз хелатної форми заліза супоросним і лактуючим свиноматкам. Вісник аграрної науки. 2013. № 2. С. 26–30.
7. Гречка Г. М. Виробництво та біологічна цінність личинкового продукту бджільництва. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2010. Т.12., №3(45). С. 24–30.
8. Грушанська Н. Г., Якимчук О. М., Цвіліховський М. І. Показник обміну мінеральних речовин в організмі свиноматок за профілактики мікроелем. Наукові доповіді НУБіП України. 2018. №1(71). 13 с.
9. Данчук О. В. Пероксидне окиснення ліпідів та активність системи антиоксидантного захисту в організмі свиней з різними типами вищої нервової діяльності : дис. д-ра вет. наук : 03.00.13 / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2018. 423 с.

- 10.Єфімов В. Г., Антоненко П. П., Козир В. С., Філіпов Ю. О. Вплив мікроелементів (Cu, Co, I) на показники білкового обміну у голштинських корів. Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК. 2014. №2, т. 2. 6 с.
- 11.Запека І. Є. Патоморфічні особливості ешеріозів свиней за надлишку в кормах купруму, феруму та кобальту: дис. канд. вет. наук : 16.00.02 / Харків, 2019. 268 с.
- 12.Ільченко М. О. Фізіологічні і біохімічні особливості спермопродукції кнура та методи її корекції : дис. канд. с.-г. наук : 03.00.13 / Інститут свинарства ім. О. В. Квасницького Полтава, 2011. 123 с.
- 13.Інструкція із штучного осіменіння свиней / Відповідальний за випуск Ю. Ф.Мельник. Київ : Аграрна наука. 2003. 56 с.
- 14.Іскра Р. Я. Особливості процесів пероксидного окиснення ліпідів та антиоксидантного захисту організму свиноматок і поросят за внесення до раціону неорганічної сполуки хрому. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2012. т.14, №2. С. 33–38.
- 15.Квасницький А. В. Половые клетки с/х животных, их биологическая неравноценность и разнокачественность. Труды Полтавского сельскохозяйственного института. 1949. Вип. 4. С. 79–93.
- 16.Клиническая лабораторная диагностика в ветеринарии / И. П. Кондрахин и др. Москва : ВО «Агропромиздат», 1985. 287 с.
- 17.Корнят С. Б., Яремчук І. М., Андрушко О. Б., Остапів Д. Д., Шаран М. М., Чайковська О. І. Інтенсивність окисних процесів у спермі кнурів за додавання наносукцинатів металів у розріджувач «Екосперм». Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин. 2019. Вип. 20, № 2. С. 352–357
- 18.Королук М. А., Иванова Л. И., Майорова И. Г., Токарев Е. В. Метод определения активности каталазы. Лабораторное дело. 1988. №1. С. 16–19.

- 19.Котляр О. С. Порівняння ефективності дії різних форм Купруму в годівлі підсисних свиноматок та їх поросят сисунів. Науково-технічний бюлетень ІТ НААН. 2013. №110. С. 95–100.
- 20.Котляр О. С. Порівняння ефективності дії різних форм Купруму в годівлі ремонтних свинок. Науково-технічний бюлетень ІТ НААН. 2013. №110. С. 101–108.
- 21.Кравців Р. Й., Янович Д. О. Роль селену в життєдіяльності тварин (біологічні, ветеринарно-медичні, екологічні аспекти). Біологія тварин. 2003. Т.5, №1-2. С. 23–38.
- 22.Лихач В. Я., Лихач А. В., Трибрат Р. О., Кисельова С. О. Вплив селеновмісних кормових добавок на продуктивні якості свиней. Актуальні проблеми підвищення якості та безпеки виробництва й переробки продукції тваринництва: мат. Міжнар. наук.-практ. конф., 14 лют. 2020 р. Дніпро, 2020. С. 39–41.
- 23.Мартинюк І. М. Штучне осіменіння – базовий метод ведення галузі свинарства. Науково-технічний бюлетень ІТ НААН. № 112. 2014. С. 76–81.
- 24.Мартишук Т. В., Гутий Б. В., Ляхович С. В. Фізіолого-біохімічні та імунологічні механізми розвитку стресу у поросят раннього віку та при відлученні. Безпечність та якість харчових продуктів у концепції «Єдине здоров'я» : матеріали наук.-практ. онлайн конф. 1–2 черв. 2023 р. Львів, 2023. С. 76–78.
- 25.Маршалок В. А. Показники забою свиней породи ландрас на відгодівлі за дії змішанолігандного комплексу Цинку. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2015. № 2. С. 125–129.
- 26.Мельник В. О., Кравченко О. О. Біотехнологія відтворення в племінному свинарстві : за заг. наук. ред. В. О.Мельника, О. О.Кравченко. Миколаїв : МНАУ, 2016. 192 с.
- 27.Методи лабораторної клінічної діагностики хвороб тварин / Левченко В.І., та ін. ; за ред. В.І. Левченка. Київ : Аграрна освіта, 2010. 445 с.

28. Милостива Д. Ф. Обмін білків та ферментативна активність у молодняку великої рогатої худоби за впливу міді. *Вісник дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2014. №2. С. 195–198.
29. Недашківський В. М. Вплив часткових замінників білкового корму бджіл на виробництво гомогенату трутневих личинок. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім С.З. Гжицького*. 2020. т 22, №92. С. 15–18.
30. Онищенко О. В. Вплив різних рівнів і джерел селену на обмін речовин та відтворну здатність ремонтних свинок : дис. канд. с.-г. наук : 06.02.02 / Луган. нац. аграр. ун-т., Луганськ, 2009. 208 с.
31. Павлова І. В. Морфо-фізіологічні особливості сперміїв кнурів-плідників різних порід під час теплового стресу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 189–195.
32. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин: навчальний посібник / за ред. академіка НААН України І. І. Ібатулліна. К.: 2015. 422 с.
33. Рокотянська В. О. Вплив наноаквахелатів на біологічну повноцінність сперміїв. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 3. С. 56–61.
34. Сивик Т. Л., Пірова Л. В. Вплив згодовування селену на вміст важких металів у продуктах забою свиней. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2010. Вип.2(70). С. 36–39.
35. Спосіб поліпшення відтворної здатності кнурів-плідників : пат. 151328 Україна : МПК (2022.01), А61D 19/00, А23К 10/30 (2016.01), А23К 50/30 (2016.01). и 2021 07446, заяв. 20.12.2021; опубл. 07.07.2022, Бюл. №27.
36. Спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників : пат. 152236 Україна : МПК (2022.01), А61D 19/00. и 2021 06128, заяв. 01.11.2021 ; опубл. 12.01.2023, Бюл. №2.
37. Стояновський В. Г., Шостя А. М., Усенко С. О. Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у плазмі та спермі кнурців української степової білої породи. *Науково-технічний бюлетень ІТ НААН*. 2015. №113. С. 309–318.

- 38.Сусол Р. Л. Науково-практичні методи використання свиней породи п'єтрєн у системі «генотип х середовище» : монографія / за заг. наук. ред. Р. Л. Сусола. Одеса, 2015. 178 с.
- 39.Сусол Р. Л., Сусол Л. О., Тацій О. В. Морфологічний та біохімічний склад крові свиноматок різних порід та фізіологічного стану в умовах півдня України. Свинарство. 2019. №. 73. С. 126–137.
- 40.Сучасні методики досліджень у свинарстві / за ред. В. П. Рибалка. Полтава, 2005. 228 с.
- 41.Сябро А. С. Використання новітніх біотехнологій відтворення свиней в умовах промислового свинарства. Актуальні проблеми фізіології тварин : матеріали Міжнародної наук.-практ. конф., присвяченої 120-річчю Олексія Володимировича Квасницького, 17-18 верес. 2020 р. Полтава : ПДАА, 2020. С. 96.
- 42.Сябро А. С. Використання хелатних сполук мікроелементів у живленні сільськогосподарських тварин як запорука збереження довкілля. Перспективи еко-інноваційного розвитку сільськогосподарського виробництва : матеріали I Міжнародної наук.-практ. конф., 22 черв. 2020 р. Полтава : 2020. С. 92–94.
- 43.Сябро А. С. Вплив міді на становлення статеві функції самців. Перспективи використання морфологічних досліджень в розвитку сучасної медицини і стоматології : Вісник проблем біології і медицини. 2022. Вип.2(164) (додаток). С. 49–50.
- 44.Сябро А. С. Вплив прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на якість спермопродукції кнурів-плідників за дії кормових добавок. Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва і переробки продукції тваринництва : збірник матеріалів Всеукраїнської наук.-практ. конф. молодих вчених та здобувачів освіти, 16 груд. 2021 р., Житомир : 2021. С. 92–93
- 45.Сябро А. С. Зміни морфо-функціональних показників сперматозоїдів кнурів-плідників за впливу цитрату Міді. Досягнення та перспективи

- ветеринарної науки : матеріали Міжнарод. наук.-практ. Інт.-конф. молодих вчених, 20 жовт. 2022 р. Полтава : 2022. С. 104–106.
- 46.Сябро А. С. Інтенсивність процесів пероксидації за дії мінерального живлення. Актуальні питання технології продукції тваринництва : збірник статей за результатами VI Всеукраїнської наук.-практ. інт. конф., 29-30 листоп. 2021 р., Полтава : 2021. С. 122–126.
- 47.Сябро А. С. Особливості перебігу пероксидного окиснення в спермі кнурів-плідників при згодовуванні цитрату міді. Сучасний стан свинарства : збірник матеріалів міжвузівської наук.-практ. інт. конф., 2021 р., Мала Данилівка : 2021. С. 55–58.
- 48.Сябро А. С. Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз та відтворювальна здатність кнурів-плідників за впливу цитрату міді. *Біологія тварин*. 2021. т. 23, № 2. С. 12-18.
- 49.Сябро А. С. Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у крові поросних свиноматок при згодовуванні кормових добавок. Розвиток галузі тваринництва в умовах євроінтеграції: матеріали Міжнар. інт. конф., 4 листоп. 2022 р. Полтава : 2022. С. 115–117.
- 50.Сябро А. С. Стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у крові ремонтних свинок при згодовуванні хелатів мікроелементів. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2023. №107. С. 129–137.
- 51.Сябро А. С., Шостя А. М. Використання новітніх кормових добавок в умовах промислового свинарства. Актуальні питання технології продукції тваринництва : збірник статей за результатами V Всеукраїнської інтернет-конференції, 29–30 жовт. 2020 р. Полтава : 2020. С. 101–105.
- 52.Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва : підручник для аспірантів / В. І. Ладики, Л. М. Хмельничий, В. В. Повод та ін. ; за заг.ред. В. І. Ладики, Л. М. Хмельничого. Одеса : Олді+, 2023. 244 с.
- 53.ТУ У 24.4-24607793-017-2003 Інструкція до набору реактивів для визначення активності аспартатамінотрансферази у сироватці крові (метод Райтмана-Френкеля).

- 54.ТУ У 24.4-24607793-017-2003 Інструкція до набору реактивів для визначення активності аланінамінотрансферази у сироватці крові (метод Райтмана-Френкеля).
- 55.ТУ У 24.4-24607793-017-2003 Інструкція до набору реактивів для визначення активності Альфа-амілази у біологічних рідинах кінетичним оптимізованим методом.
- 56.ТУ У 24.4-24607793-020-2003 Інструкція до набору реактивів для визначення холестерину у сироватці і плазмі крові ферментативним методом.
- 57.ТУ У 24.4-24607793-020-2003 Інструкція до набору реактивів для визначення тригліцеридів у сироватці і плазмі крові ензиматичним колориметричним методом.
- 58.Усенко С. О. Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у свиней залежно від фізіологічного стану та способів корекції : дис. д-ра с.-г. наук : 03.00.13 / Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького. Львів, 2021. 418 с.
- 59.Усенко С. О. Циклічна лабільність гомеостазу у свиней. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 125–131.
- 60.Усенко С. О., Сябро А. С. Механізми впливу міді на відтворну здатність самців. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. №2. С. 186–196.
- 61.Усенко С. О., Сябро А. С., Березницький В. І., Чухліб Є. В., Слинько В. Г., Мироненко О. І. Новітні аспекти мінерального живлення свиней. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 4. С. 126–133.
- 62.Усенко С. О., Сябро А. С., Поліщук А. А., Мороз О. Г., Бірта Г. О., Ільченко М. О. Новітні біотехнології відтворення свиней в умовах промислового свиначства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 1. С. 121–129.

63. Усенко С. О., Шостя А. М., Базалевич А. В., Чирков О. Г., Гиря В. М., Смыслов С. Ю., Сокирко М. П. Трансцервікальне штучне осіменіння свиноматок малими дозами сперми. *Свинарство*. 2016. Вип. 68. С.69–74.
64. Федак Н. М., Вовк Я. С., Чумаченко С. П., Душара І. В. Мінеральні речовини в годівлі сільськогосподарських тварин. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2012. Вип.54(1). С. 128–135.
65. Чирков О. Г. Обмеження і ризики застосування внутрішньо маткового катетера у зв'язку з особливостями просторової організації матки свині. *Свинарство*. 2014. Вип. 64. С. 110–123.
66. Шабунин С. В. Методические положения по изучению процессов свободнорадикального окисления в системе антиоксидантной защиты организма. Воронеж, 2010. С. 36-37; 51-52.
67. Шостя А. М. Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у свиней : дис. д-ра с.-г. наук : 03.00.13 / Інститут свинарства і агропромислового виробництва Полтава, 2015. 453 с.
68. Шостя А. М. Роль активних форм кисню в регуляції сперматогенезу та заплідненні у ссавців. *Український біохімічний журнал*. 2009. т.81(1). С. 14–22.
69. Шостя А. М., Ємець Я. М., Кузьменко Л. М., Мороз О. Г., Ступарь І. І. Вплив гомогенату трутневих личинок на прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у свинок у період статевого дозрівання. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. №4. С. 134–140.
70. Шостя А. М., Ємець Я. М., Мороз О. Г., Ступарь І. І., Павлова І. В., Маслак М. М. Вплив гомогенату трутневих личинок на якість спермопродукції у кнурів-плідників. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. №2. С. 113–118.
71. Шостя А. М., Рокотянська В. О. Динаміка якості спермопродукції у кнурів-плідників залежно від пори року та інтенсивності їх використання. *Свинарство*. 2018. Вип. 71. С. 116–123.

- 72.Шостя А. М., Рокотянська В. О., Цибенко В. Г., Сокирко М. П. Особливості процесів пероксидного окиснення у спермі кнурів-плідників залежно від пори року та інтенсивності їх використання. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 4. С. 34–38.
- 73.Шостя А. М., Сябро А. С., Ковальчук І. І., Краснощок О. О., Чухліб Є. В., Березниций В. І. Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у спермі кнурів-плідників за впливу різних кормових добавок. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. №2. С. 181–187.
- 74.Яблонський В. А. Практичне акушерство, гінекологія та біотехнологія відтворення тварин з основами андрології. Київ : Мета, 2002. 319 с.
- 75.Яремчук І. М., Боднар Ю. В., Кузьміна Н. В., Петрух І. М., Шаран М. М., Остапів Д. Д. Інтенсивність окисних процесів та якість сперміїв бугаїв за додавання в розріджувач наносукцинатів мікроелементів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького*. 2017. №19. С. 185–189.
- 76.Abdul-Rasheed O. F. Association between seminal plasma copper and magnesium levels with oxidative stress in Iraqi infertile men. *Oman Medical Journal*. 2010. Vol. 25, №3. P. 168–172.
- 77.Adin C. A. Bilirubin as a Therapeutic Molecule: Challenges and Opportunities. *Antioxidants*. 2021. Vol. 10, №10:1536.
- 78.Agarwal A., Gupta S., Sharma R. K. Role of oxidative stress in female reproduction. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2005. Vol. 3:28.
- 79.Agarwal A., Mulgund A., Alshahrani S., Assidi M., Abuzenadah A. M., Sharma R., Sabanegh E. Reactive oxygen species and sperm DNA damage in infertile men presenting with low level leukocytospermia. *Reproductive Biology and Endocrinology* 2014. Vol. 19, №12:126.
- 80.Agarwal A., Prabakaran S. A. Oxidative stress and antioxidants in male infertility: a difficult balance. *Iranian Journal of Reproductive Medicine*. 2005. Vol. 3:28.

81. Agarwal A., Virk G., Ong C., du Plessis S. S. Effect of oxidative stress on male reproduction. *World Journal of Men's Health*. 2014. Vol. 32, № 1. P. 1–17.
82. Ahmad G., Agarwal A., Esteves S. C., Sharma R., Almasry M., Al-Gonaim A., AlHayaza G., Singh N., Al Kattan L., Sannaa W. M., Sabanegh E. Ascorbic acid reduces redox potential in human spermatozoa subjected to heat-induced oxidative stress. *Andrologia*. 2017. Vol. 49:10.
83. Ahmadkhani N., Hosseini M., Saadatmand M., Abbaspourrad A. The influence of the female reproductive tract and sperm features on the design of microfluidic sperm-sorting devices. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*. 2022 Vol.39, №1. P. 19–36.
84. Al-Bayati M. A., Jamil D. A, Al-Aubaidy H. A. Cardiovascular effects of copper deficiency on activity of superoxide dismutase in diabetic nephropathy. *North American Journal of Medicine and Science*. 2015. Vol. 7, №2. P. 41–46.
85. Alvarez Sedo C., Bilinski M., Lorenzi D., Uriondo H., Noblia F., Longobucco V., Lagar E. V., Nodar F. Effect of sperm DNA fragmentation on embryo development: clinical and biological aspects. *JBRA Assisted Reproduction*. 2017. Vol. 21. P. 343–350.
86. Angulo C., Maldonado R., Pulgar E., Mancilla H., Cordova A., Villarroel F., Castro M. A., Concha I. I. Vitamin C and oxidative stress in the seminiferous epithelium. *Biological Research*. 2011. Vol. 44, №2. P. 169–180.
87. Antonides A., van Laarhoven S., van der Staay F. J., Nordquist R. E. () Non-anemic Iron Deficiency from Birth to Weaning Does Not Impair Growth or Memory in Piglets. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2016. Vol. 10:112.
88. Antunes F., Han D., Cadenas E. Relative contributions of heart mitochondria glutathione peroxidase and catalase to H₂O₂ detoxification in in vivo conditions. *Free Radical Biology and Medicine*. 2002. Vol. 33. P. 1260–1267.
89. Attia Y. A, Al-Hanoun A., El-Din A. E., Bovera F., Shewika Y. E. Effect of bee pollen levels on productive, reproductive and blood traits of NZW rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2011. Vol. 95, №3. P. 294–303.

90. Attia Y. A., Al-Hanoun A., Bovera F. Effect of different levels of bee pollen on performance and blood profile of New Zealand White bucks and growth performance of their offspring during summer and winter months. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2011. Vol. 95, №1. P. 17–26.
91. Attia Y. A., Bovera F., Abd Elhamid A. E., Nagadi S. A., Mandour M. A., Hassan S. S. Bee pollen and propolis as dietary supplements for rabbit: Effect on reproductive performance of does and on immunological response of does and their offspring. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2019. Vol. 103, №3. P. 959–968.
92. Bai C., Zhang M., Zhang Y., He Y., Dou H., Wang Z., Wang Z., Li Z., Zhang L. Gamma-Glutamyltransferase Activity (GGT) Is a Long-Sought Biomarker of Redox Status in Blood Circulation: A Retrospective Clinical Study of 44 Types of Human Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2022. Vol. 2022:8494076.
93. Bakrania B., Du Toit E. F., Ashton K., Wagner K. H., Headrick J. P., Bulmer A. C. Chronically elevated bilirubin protects from cardiac reperfusion injury in the male Gunn rat. *Acta Physiologica*. 2017. Vol. 220. P. 461–470.
94. Barquero V., Roldan E. R. S., Soler C., Yaniz J. L., Camacho M., Valverde A.. Predictive capacity of boar sperm morphometry and morphometric sub-populations on reproductive success after artificial insemination. *Animals*. 2021. Vol. 11, №4:920.
95. Baskaran S., Finelli R., Agarwal A., Henkel R. Reactive oxygen species in male reproduction: A boon or a bane? *Andrologia*. 2021. Vol. 53, №1:e13577.
96. Benko F., Duracka M., Banas S., Lukas N., Tvrda E. Biological Relevance of Free Radicals in the Process of Physiological Capacitation and Cryocapacitation. *Oxygen*. 2022. Vol. 2, №2. P. 164–176.
97. Bertinato J., Iskandar M., L'Abbe M. R. Copper deficiency induces the upregulation of the copper chaperone for Cu/Zn superoxide dismutase in weanling male rats. *The Journal of Nutrition*. 2003. Vol. 133, №1. P. 28–31.

98. Bertoldo M. J., Nadal-Desbarats L., Gerard N., Dubois A., Holyoake P. K., Grupen C. G. Differences in the metabolomic signatures of porcine follicular fluid collected from environments associated with good and poor oocyte quality. *Reproduction*. 2013. Vol. 146, №3. P. 221-231.
99. Bertoldo M., Holyoake P. K., Evans G., Grupen C. G. Oocyte developmental competence is reduced in sows during the seasonal infertility period. *Reproduction Fertility and Development*. 2010. Vol. 22. P. 1222–1229.
100. Blaner W. S., Shmarakov I. O., Traber M. G. Vitamin A and Vitamin E: Will the Real Antioxidant Please Stand Up? *Annual Review of Nutrition*. 2021. Vol. 41, №1. P. 105–131.
101. Blomberg L. A., Long E. L., Sonstegard T. S, Van Tassell C. P., Dobrinsky J. R., Zuelke K. A. Serial analysis of gene expression during elongation of the peri-implantation porcine trophectoderm (conceptus). *Physiological Genomics*. 2005. Vol. 20, №2. P. 188–194.
102. Bolatovna K. S., Rustenov A., Eleuqalieva N., Omirzak T., Akhanov U. K. Improving reproductive qualities of pigs using the drone brood homogenate. *Biology and Medicine*. 2015. Vol. 7:2.
103. Borobia M., Villanueva-Saz S., Ruiz de Arcaute M., Fernandez A., Verde M. T., Gonzalez J. M., Navarro T., Benito A. A, Arnal J. L, De las Heras M., Ortin A. Copper Poisoning, a Deadly Hazard for Sheep. *Animals*. 2022. Vol. 12, №18:2388.
104. Bortolozzo F. P., Menegat M. B., Mellagi A. P. G., Bernardi M L., Wentz I. New Artificial Insemination Technologies for Swine. *Reproduction in Domestic Animals*. 2015. Vol. 50, №2. P. 80–84.
105. Cabezon F. A., Stewart K. R., Schinckel A. P., Richert B. T. Effects of betaine and heat stress on lactation and postweaning reproductive performance of sows. *The Professional Animal Scientist*. 2017. Vol. 33. P. 241–253.
106. Caglayan A., Katlan D. C., Tuncer Z. S., Yüce K. Evaluation of trace elements associated with antioxidant enzymes in blood of primary epithelial ovarian

- cancer patients. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2019 Vol. 52. P. 254–262
107. Cao Z., Gao D., Xu T., Tong X., Wang Y., Li Y., Fang F., Ding J., Zhang X., Zhang Y. Human exhaled air can efficiently support in vitro maturation of porcine oocytes and subsequent early embryonic development. *Animal Reproduction*. 2018 Vol. 15, №1. P. 29–38.
 108. Celino F. T., Yamaguch S., Miura C., Ohta T., Tozawa Y. Tolerance of Spermatogonia to Oxidative Stress Is Due to High Levels of Zn and Cu/Zn Superoxide Dismutase. *PLoS ONE*. 2011. Vol. 6, №2:e16938
 109. Chabory E., Damon C., Lenoir A., Henry-Berger J., Vernet P., Cadet R., Saez F., Drevet J. R. Mammalian glutathione peroxidases control acquisition and maintenance of spermatozoa integrity. *Journal of Animal Science*. 2010. Vol. 88, №4. P. 1321–1331.
 110. Chanapiwat P., Olanratmanee E. O., Kaeoket K., Tummaruk P. Conception Rate and Litter Size in Multiparous Sows after Intrauterine Insemination Using Frozen-hawed Boar Semen in a Commercial Swine Herd in Thailand. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 2014. Vol. 76, №10. P. 1347–1351.
 111. Chen H., Kang Z., Qiao N., Liu G., Huang K., Wang X., Pang C., Zeng Q., Tang Z., Li Y. Chronic Copper Exposure Induces Hypospermatogenesis in Mice by Increasing Apoptosis Without Affecting Testosterone Secretion. *Biological Trace Element Research*. 2020. Vol. 195. P. 472–480.
 112. Chen J., Cui Z., Qiu Y., Zhang X., Chen F., Wang H., Xiong B., Miao Y., Gao Q. Exposure to Copper Compromises the Maturation Competency of Porcine Oocytes by Impairing Mitochondrial Function. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2021. Vol. 9:678665.
 113. Chen X., Zhang X., Zhao J., Tang X., Wang F., Du H. Split iron supplementation is beneficial for newborn piglets. *Biomed Pharmacother*. 2019. Vol. 120:109479.
 114. Cheraghi M., Ahmadvand H., Maleki A., Babaeenezhad E., Shakiba S, Hassanzadeh F. Oxidative Stress Status and Liver Markers in Coronary Heart

- Disease. *Reports of Biochemistry and Molecular Biology*. 2019. Vol. 8, №1. P. 49–55.
115. Chiarello D. I., Abad C., Rojas D., Toledo F., Vazquez C. M., Mate A., Sobrevia L., Marin R. Oxidative stress: Normal pregnancy versus preeclampsia. *Biochimica et Biophysica Acta: Molecular Basis of Disease*. 2020. №2:165354.
 116. Choi H., Lee J., Yoon J. D., Hwang S. U., Cai L., Kim M., Kim G., Oh D., Kim E., Hyun S. H. The effect of copper supplementation on in vitro maturation of porcine cumulus-oocyte complexes and subsequent developmental competence after parthenogenetic activation. *Theriogenology*. 2021. Vol. 164. P. 84–92.
 117. Combelles C. M. H., Holick E. A., Paoletta L. J., Walker D. C., Wu Q. Profiling of superoxide dismutase isoenzymes in compartments of the developing bovine antral follicles. *Reproduction*. 2010. Vol. 139, №5. P. 871–881.
 118. Cui W., Peng X., Zhao L., Yang F., Cui H. M. Effect of high copper on the antioxydic function of kidney in ducklings. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*. 2009. Vol. 40. P. 572–576.
 119. Davidoff M. S., Middendorff R., Mayer B., Holstein A. F. Nitric oxide synthase (NOS-I) in Leydig cells of the human testis. *Archives of Histology and Cytology*. 1995. Vol. 58, №1. P. 17–30.
 120. Del Prete C., Stout T., Montagnaro S., Pagnini U., Uccello M., Florio P., Ciani F., Tafuri S., Palumbo V., Pasolini M. P., Cocchia N., Henning H. Combined addition of superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase improves quality of cooled stored stallion semen. *Animal Reproduction Science*. 2019. №210:106195.
 121. Devine P. J., Perreault S. D., Luderer U. Roles of reactive oxygen species and antioxidants in ovarian toxicity. *Biology of Reproduction*. 2012. Vol. 86, №2:27.
 122. Doguer C., Ha, J. H., Collins, J. F. Intersection of Iron and Copper Metabolism in the Mammalian Intestine and Liver. *Comprehensive Physiology*. 2018. Vol. 8, №4. P. 1433–1461.

123. Doshi S. B., Khullar K., Sharma R. K., Agarwal A. Role of reactive nitrogen species in male infertility. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2012. Vol. 15, №10:109.
124. Duhig K., Chappell L. C., Shennan A. H. Oxidative stress in pregnancy and reproduction. *Obstetric Medicine*. 2016. Vol. 9, №3. P. 113–116.
125. Ebesunun M. O., Shittu O. B., Famooto O. A., Agbedana E. O., Anetor J. I. Ascorbic Acid Supplementation and Spermatogenesis in Nigerian Men. *The Open Clinical Chemistry Journal*. 2009. Vol. 2. P. 37–41.
126. Eidi M., Eidi A., Pouyan O., Shahmohammadi P., Fazaeli R., Bahar M. Seminal plasma levels of copper and its relationship with seminal parameter. *Iranian Journal of Reproductive Medicine*. 2010. Vol. 8, №2. P. 60–65.
127. Eisenbach C., Sieg O., Stremmel W., Encke J., Merle U. Diagnostic criteria for acute liver failure due to Wilson disease. *World Journal of Gastroenterology*. 2007. Vol. 13, №11. P. 1711–1714.
128. El-Hanoun A., El-Komy A., El-Sabroun K., Abdella M. Effect of bee venom on reproductive performance and immune response of male rabbits. *Physiology & Behavior*. 2020. Vol. 223:112987.
129. Eljazzar S., Abu-Hijleh H., Alkhatib D., Sokary S., Ismail S., Al-Jayyousi G. F., Tayyem R. The Role of Copper Intake in the Development and Management of Type 2 Diabetes: A Systematic Review. *Nutrients*. 2023. Vol. 15, №7:1655.
130. Engle T. E., Spears J. W., Xi L., Edens F. W. Dietary copper effects on lipid metabolism and circulating catecholamine concentrations in finishing steers. *Journal of Animal Science*. 2000. Vol. 78, №10. P. 2737–2744.
131. Ezzati M., Djahanbakhch O., Arian S., Carr B. R. Tubal transport of gametes and embryos: a review of physiology and pathophysiology. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*. 2014. Vol. 31, №10. P. 1337–1347.
132. Faccin J. E. G., Laskoski F., Lesskiu P. E., Paschoal A. F. L., Mallmann A. L., Bernardi M. L. Reproductive performance, retention rate, and age at the

- third parity according to growth rate and age at first mating in the gilts with a modern genotype. *Acta Scientiae Veterinariae*. 2017. Vol. 45:1452.
133. Fainaru O., Almog B., Pinchuk I., Kupfermanc M. J., Lichtenberg D. Many A: Active labour is associated with increased oxidisibility of serum lipids ex vivo. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*. 2002. Vol. 109. P. 938–941.
 134. Falk M., Bernhoft A., Reinoso-Maset E., Salbu B., Lebed P., Framstad T., Fuhrmann H., Oropeza-Moe M. Beneficial antioxidant status of piglets from sows fed selenomethionine compared with piglets from sows fed sodium selenite. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2020. Vol. 58:126439.
 135. Fallah A., Mohammad-Hasani A., Hosseinzadeh Colagar A. Zinc is an essential element for male fertility: a review of Zn roles in men's health, germination, sperm quality, and fertilization. *Journal of Reproduction & Infertility*. 2018. Vol. 19, №2. P. 69–81.
 136. Felicioni F., Pereira A. D., Caldeira-Brant A. L., Santos T. G., Paula T. M. D., Magnabosco D., Bortolozzo F. P., Tsoi S., Dyck M. K, Dixon W., Martinelli P. M., Jorge E. C., Chiarini-Garcia H., Almeida F. R. C. L. Postnatal development of skeletal muscle in pigs with intrauterine growth restriction: morphofunctional phenotype and molecular mechanisms. *Journal of Anatomy*. 2020. Vol. 236, №5. P.840–853.
 137. Filomeni G., Rotilio G., Ciriolo M. R. Cell signalling and the glutathione redox system. *Biochem Pharmacol*. 2002. Vol. 64, №5–6. P. 1057–1064.
 138. Ford W. C. Regulation of sperm function by reactive oxygen species. *Human Reproduction Update*. 2004. Vol. 10, №5. P. 387–399.
 139. Foresta C., Flohe L., Garolla A., Roveri A., Ursini F., Maiorino M. Male fertility is linked to the selenoprotein phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase. *Biology of Reproduction*. 2002. Vol.67. P. 967–971.

140. Frangez R., Gider T., Kosec M. Frequency of boar ejaculate collection and its influence on semen quality, pregnancy rate and litter size. *Acta Veterinaria Brno*. 2005. Vol. 74. P. 265–273.
141. Frisard M., Ravussin E. Energy metabolism and oxidative stress: impact on the metabolic syndrome and the aging process. *Endocrine*. 2006. Vol. 29, №1. P. 27–32.
142. Galaris D., Barbouti A., Pantopoulos K. Iron homeostasis and oxidative stress: An intimate relationship. *Biochimica et Biophysica Acta Molecular Cell Research*. 2019. №12:118535.
143. Galil K. A., Setchell B. P. Effects of local heating of the testis on testicular blood flow and testosterone secretion in the rat. *International Journal of Andrology*. 1988 Vol. 11, №1. P. 73–85.
144. Gao Y., Jian L., Lu W., Xue Y., Machaty Z., Luo H. Vitamin E can promote spermatogenesis by regulating the expression of proteins associated with the plasma membranes and protamine biosynthesis. *Gene*. 2021. Vol. 773:145364.
145. Ghosh S., Meyer-Rochow V. B., Jung C. Honey bees and their brood: a potentially valuable resource of food, worthy of greater appreciation and scientific attention. *Journal of Ecology and Environment*. 2021. Vol. 45: 31.
146. Gorski K., Kondracki S., Wysokinska A. Ejaculate traits and sperm morphology depending on ejaculate volume in duroc boars. *Journal of Veterinary Research*. 2017. Vol. 61, №1. P. 121–125.
147. Gorski K., Kondracki S., Wysokinska A., Iwanina M. Dependence of sperm morphology and ejaculate characteristics on sperm concentration in the ejaculates of Hypor boars. *Journal of Veterinary Research*. 2018. Vol. 62. P. 353–357.
148. Gupta S., Finelli R., Agarwal A., Henkel R. Total antioxidant capacity- Relevance, methods and clinical implications. *Andrologia*. 2021. Vol. 53, №2:e13624.
149. Gaczarzewicz D., Udala J., Piasecka M., Blaszczyk B., Stankiewicz T. Storage temperature of boar semen and its relationship to changes in sperm

- plasma membrane integrity, mitochondrial membrane potential, and oxidoreductive capability. 2015. №39. P. 582–594.
150. Hashem N. M., Hassanein E. M., Simal-Gandara J. Improving Reproductive Performance and Health of Mammals Using Honeybee Products. *Antioxidants*. 2021. Vol. 10, №3:336.
 151. Hayashi H., Watanabe K., Inui A., Kato A., Tatsumi Y., Okumura A., Fujisawa T., Kato K. Alanine Aminotransferase as the First Test Parameter for Wilson's Disease. *Journal of Clinical and Translational Hepatology*. 2019. Vol. 7, №4. P. 293–296.
 152. Henning H., Nguyen Q. T., Wallner U., Waberski D. Temperature limits for storage of extended boar semen from the perspective of the sperm's energy status. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 5. 9:953021
 153. Hilario-Souza E., Cuillel M., Mintz E., Charbonnier P., Vieyra A., Cassio D., Lowe J. Modulation of hepatic copper-ATPase activity by insulin and glucagon involves protein kinase A (PKA) signaling pathway. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2016. Vol. 1862, №11. P. 2086–2097.
 154. Hirai M., Boersma A., Hoeflich A., Wolf E., Foll J., Aumuller R., Braun A. J. Objectively measured sperm motility and sperm head morphometry in boars (*Sus scrofa*): Relation to fertility and seminal plasma growth factors. *Journal of Andrology*. 2001. Vol. 22. P. 104–110.
 155. Hogarth C. A., Griswold M. D. The key role of vitamin A in spermatogenesis. *Journal of Clinical Investigation*. 2010. Vol. 120, №4. P. 956–962.
 156. Holt W. V., Fazeli A. Sperm selection in the female mammalian reproductive tract. Focus on the oviduct: Hypotheses, mechanisms, and new opportunities. *Theriogenology*. 2016 Vol.1;85, №1. P. 105–112.
 157. Humann-Ziehank E., Coenen M., Ganter M., Bickhardt K. Long-term observation of subclinical chronic copper poisoning in two sheep breeds. *Journal of veterinary medicine. A, Physiology, pathology, clinical medicine*. 2001. Vol. 48. №7. P. 429–439.

158. Hussain T., Murtaza G., Metwally E., Kalhoro D. H., Kalhoro M. S., Rahu B. A., Sahito R. G. A., Yin Y., Yang H., Chughtai M. I., Tan B. The Role of Oxidative Stress and Antioxidant Balance in Pregnancy. *Mediators of Inflammation*. 2021. Vol. 2021:9962860.
159. Ighodaro O. M., Akinloyeb O. A. First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria Journal of Medicine*. 2018. Vol. 54:6.
160. Imam M. U., Zhang S., Ma J., Wang H., Wang F. Antioxidants Mediate Both Iron Homeostasis and Oxidative Stress. *Nutrients*. 2017. Vol. 9, №7:671.
161. Inoguchi T., Sonoda N., Maeda Y. Bilirubin as an important physiological modulator of oxidative stress and chronic inflammation in metabolic syndrome and diabetes: a new aspect on old molecule. *Diabetology International*. 2016. Vol. 7. P. 338–341.
162. Iwamoto M., Onishi A., Fuchimoto D., Somfai T., Takeda K., Tagami T., Hanada H., Noguchi J., Kaneko H., Nagai T., Kikuchi K. Low oxygen tension during in vitro maturation of porcine follicular oocytes improves parthenogenetic activation and subsequent development to the blastocyst stage. *Theriogenology*. 2005. Vol. 63, №5. P. 1277–1289.
163. Jakel H., Scheinflug K., Muhldorfer K., Gianluppi R., Lucca M. S. Mellagi A. P. G., Bortolozzo F. P., Waberskiet D. In vitro performance and in vivo fertility of antibiotic-free preserved boar semen stored at 5 °C. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2021. Vol. 12:9.
164. Jang Y. D., Ma Y. L., Payne R. L., Lindemann M. D. Amino acid composition of fetus, placenta, and uterus in gilts throughout gestation. *Journal of Animal Science*. 2017. Vol. 95, №10. P.4448–4461.
165. Johnson L. A., Weitze K. F., Fiser P., Maxwell W. M. C. Storage of boar semen. *Animal Reproduction Science*. 2000. Vol. 62. P. 143–172

166. Jomova K., Makova M., Alomar S. Y., Alwasel S. H., Nepovimova E., Kuca K., Rhodes C. J, Valko M. Essential metals in health and disease. *Chemico-Biological Interactions*. 2022. Vol. 367:110173.
167. Kadirvel G., Bujarbaruah K. M., Kumar1 S., Ngachan, S. V. Oestrus synchronization with fixed-time artificial insemination in smallholder pig production systems in north-east India: Success rate and benefits. *South African Journal of Animal Science*. 2017. Vol. 47, №2. P. 140–145.
168. Kantsler V., Dunkel J., Blayney M., Goldstein R. E. Rheotaxis facilitates upstreamnavigation of mammalian sperm cells. *Physics of Living Systems*. 2014. Vol. 3:e02403.
169. Kasztelan-Szczerbinska B., Cichoz-Lach H. Wilson’s Disease: An Update on the Diagnostic Workup and Management. *Journal of Clinical Medicine*. 2021. Vol. 10:5097.
170. Kirsipuu T., Zadoroznaja A., Smirnova J. Copper(II)-binding equilibria in human blood. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10:5686.
171. Knox R. V. Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology*. 2016. Vol. 85. P. 83–93.
172. Knox R. V. Physiology and endocrinology symposium: Factors influencing follicle development in gilts and sows and management strategies used to regulate growth for control of estrus and ovulation1. *Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 97, №4. P. 1433–1445.
173. Knox R. V. The Fertility of Frozen Boar Sperm When used for Artificial Insemination. *Reproduction in Domestic Animals*. 2015. Vol. 5, №2. P. 90–97.
174. Kondaparthi P., Flora S. J. S., Naqvi, S. Selenium nanoparticles: An insight on its Pro-oxidant and antioxidant properties. *Frontiers in Nanoscience and Nanotechnology*. 2019. №6:189.
175. Kondracki S., Iwanina M., Kowalewski D., Bajena M., Wysokińska A., Dependence of physical characteristics of ejaculate of Polish Landrace boars on the time interval between successive ejaculate collections. *Scientific Annals of Polish Society of Animal Production*. 2018. Vol. 14, №2. P. 21–34.

176. Koshevoy V. I., Naumenko S. V. The activity of the antioxidant protection enzymatic system of boars with a decrease in their reproductive capacity under oxidative stress. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2020. Vol. 8, №3. P. 194–197.
177. Kothari R., Waghmare S., Choudhari A. R.. Role of ascorbic acid in male fertility and its relation with free testosterone. *International Journal of Contemporary Medical Research*. 2017. Vol. 4, №6. P. 1232–1234.
178. Kouamo J., Kamga-Waladjo A. R. State-of-art in Estrus Synchronization in Sows. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*. 2013. Vol. 11, №3–4. P. 155–159.
179. Kumaresan A., Kadirvel G., Bujarbaruah K. M., Bardoloi R. K., Das A., Naskar S. Preservation of boar semen at 18 C induces lipid peroxidation and apoptosis like changes in spermatozoa. *Animal Reproduction Science*. 2009. Vol. 110, № 1–2. P. 162–171.
180. Kurutas E. B. The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative/nitrosative stress: current state. *Nutrition Journal*. 2016. Vol. 15, №1:71.
181. Lason J., Lutsenko S. The Role of Copper as a Modifier of Lipid Metabolism. *Lipid Metabolism*, 2013.
182. Lay S. L., Simard G., Martinez M. C., Andriantsitohaina R. Oxidative stress and metabolic pathologies: from an adipocentric point of view. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2014. Vol. 2014:908539.
183. Lechowski J., Kasprzyk A., Trawinska B. Variability of semen in boars treated with vitamin C in food ration. *Medycyna Weterynaryjna*. 2018. Vol. 74, №1. P.48–53.
184. Lee D. H., Blomhoff R., Jacobs D. R. Is serum gamma glutamyltransferase a marker of oxidative stress? *Free Radical Research*. 2004. Vol. 38, №6. P. 535–539.

185. Lee N. P., Cheng C. Y. Nitric oxide/nitric oxide synthase, spermatogenesis, and tight junction dynamics. *Biology of Reproduction*. 2004. Vol. 70, №2. P. 267–276.
186. Leichtmann-Bardoogo Y., Cohen L. A., Weiss A., Marohn B., Schubert S., Meinhardt A., Meyron-Holtz E. G. Compartmentalization and regulation of iron metabolism proteins protect male germ cells from iron overload. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2012. Vol. 302. P. 1519–1530.
187. Li J., Yan L., Zheng X., Liu G., Zhang N., Wang Z. Effect of high dietary copper on weight gain and neuropeptide Y level in the hypothalamus of pigs. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2008. Vol. 22. P. 33–38.
188. Li M., Cui W., Peng X., Bai C. M., Cui H. M. Effect of dietary high copper on the antioxidase activities of brain tissue in chickens. *Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica*. 2010. Vol. 41. P. 220–223.
189. Li Q., Yang S., Chen F., Guan W., Zhang S. Nutritional strategies to alleviate oxidative stress in sows. *Animal Nutrition*. 2021. Vol. 3, №9. P. 60–73.
190. Li R., Luo Y., Xu J., Sun Y., Ma Z., Chen S. Effects of oxygen concentrations on developmental competence and transcriptomic profile of yak oocytes. *Zygote*. 2020. Vol. 28, №6. P. 459–469.
191. Li S., Tan H. Y., Wang N., Zhang Z. J., Lao L., Wong C. W., Feng Y. The Role of Oxidative Stress and Antioxidants in Liver Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015. Vol. 16, №11. P. 26087–26124.
192. Li X., Ni M., Xing S., Yu Y., Zhou Y., Yang S., Li H., Zhu R., Han M. Reactive Oxygen Species Secreted by Leukocytes in Semen Induce Self-Expression of Interleukin-6 and Affect Sperm Quality. *American Journal of Men's Health*. 2020. Vol. 14, №5:1557988320970053.
193. Lim M., Thompson J. G., Dunning K. R. Hypoxia and reproductive health: Hypoxia and ovarian function: follicle development, ovulation, oocyte maturation. *Reproduction*. 2021. Vol. 161, №1. P. 33–40.

194. Lin G., Guo Y., Liu B., Wang R., Su X., Yu D., He P. Optimal dietary copper requirements and relative bioavailability for weanling pigs fed either copper proteinate or tribasic copper chloride. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2020. Vol. 11:54.
195. Lipinski P., Starzytski R. R., Canonne-Hergaux F., Tudek B., Olinski R., Kowalczyk P., Dziaman T., Thibaudeau O., Gralak M. A., Smuda E., Wolinski J., Usinska A., Zabielski R. Benefits and risks of iron supplementation in anemic neonatal pigs. *The American Journal of Pathology*. 2010. Vol. 177, №3. P. 1233–1243.
196. Liu B., Xiong P., Chen N., He J., Lin G., Xue Y. Effects of replacing of inorganic trace minerals by organically bound trace minerals on growth performance, tissue mineral status, and fecal mineral excretion in commercial grower-finisher pigs. *Biological Trace Element Research*. 2016. Vol. 173, №2. P. 316–324.
197. Liu F., Zhao W., Le H. H., Cottrell J. J., Green M. P., Leury B. J., Dunshea F. R. Bell A. W. Review: What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry? *Animal*. 2022. Vol. 16. 100349.
198. Liu H., Guo H., Jian Z., Cui H., Fang J., Zuo Z., Deng J., Li Y., Wang X., Zhao L. Copper Induces Oxidative Stress and Apoptosis in the Mouse Liver. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2020. Vol. 2020:1359164.
199. Liu H., Tang X. P., Fang R. J., Yi F., Zhang C., Yang R. Q., Sun F., Zhou S. Y. Effects of Copper Amino Acids Complex on Growth Performance and Serum Cu-Zn SOD Activity in Piglets. *Pakistan Journal of Zoology*. 2020. Vol. 52, №5. P. 1977–1984.
200. Liu J. Y., Yang X. F., Sun X., Zhuang C., Xu F., Li Y. Suppressive effects of Copper sulfate accumulation on the spermatogenesis of rats. *Biological Trace Element Research*. 2016. Vol. 174. P. 356–361.
201. Llavanera M., Delgado-Bermudez A., Olives S., Mateo-Otero Y., Recuero S., Bonet S., Fernández-Fuertes B., Yeste M., Barranco I. Glutathione S-Transferases Play a Crucial Role in Mitochondrial Function, Plasma Membrane

- Stability and Oxidative Regulation of Mammalian Sperm. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9, №2:100.
202. Lopes Camara A. C., Gomes Olinda R., Dalcin L., Nunes Gadelha I. C., Soares Batista J. Soto-Blanco B. Accumulative Copper Poisoning in Sheep in Northeastern Brazil. *Acta Scientific Veterinary*. 2016. Vol. 44, №1:6.
 203. Lopez-Alonso M., Miranda M. Copper Supplementation, A Challenge in Cattle. *Animals*. 2020. Vol. 10, №10:1890.
 204. Lowe J., Taveira-da-Silva R., Hilário-Souza E. Dissecting copper homeostasis in diabetes mellitus. *IUBMB Life*. 2017. Vol. 69, №4. P. 255–262.
 205. Lubos E., Loscalzo J., Handy D. E. Glutathione peroxidase-1 in health and disease: from molecular mechanisms to therapeutic opportunities. *Antioxidants and Redox Signaling*. 2011. Vol. 15, №7. P.1957–1997.
 206. Luddi A., Capaldo A., Focarelli R., Gori M., Morgante G., Piomboni P., De Leo V. Antioxidants reduce oxidative stress in follicular fluid of aged women undergoing IVF. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2016. Vol. 14, №1:57.
 207. Luo W., Xu W., Zhang J., Yao J., Xu J. The Maternal Diet with Fish Oil Might Decrease the Oxidative Stress and Inflammatory Response in Sows, but Increase the Susceptibility to Inflammatory Stimulation in their Offspring. *Animals*. 2020. Vol. 10. №9:1455.
 208. Macanovic B., Vucetic M., Jankovic A., Stancic A., Buzadzic B., Garalejic E., Korac A., Korac B., Otasevic V. Correlation between sperm parameters and protein expression of antioxidative defense enzymes in seminal plasma: a pilot study. *Disease Markers*. 2015. Vol. 2015:436236.
 209. Mahan D. C, Ching S., Dabrowski K. Developmental aspects and factors influencing the synthesis and status of ascorbic Acid in the pig. *Annual Review of Nutrition*. 2004. Vol. 24. P. 79–103.
 210. Majumder A., Thakur M., Bhakat M., Saha M., Mohanty T., Mondal G. Effect of Dietary Copper and Zinc Supplementation on Semen Quality of Murrah Bulls. *Indian Journal of Animal Research*. 2020. P. 1–5.

211. Malivindi R., Rago V., De Rose D., Gervasi M. C., Cione E., Russo G., Santoro M., Aquila S. Influence of all-trans retinoic acid on sperm metabolism and oxidative stress: Its involvement in the physiopathology of varicocele-associated male infertility. *Journal of Cellular Physiology*. 2018. Vol. 233, №12. P. 9526–9537.
212. Manzoor M. F., Arif Z., Kabir A., Mehmood I., Munir D., Razzaq A., Ali A., Goksen G., Ahmad N., Ali M., Rusu A. Oxidative stress and metabolic diseases: Relevance and therapeutic strategies. *Frontiers in Nutrition*. 2022. Vol. 9:994309.
213. Marin R., Abad C., Rojas D., Chiarello D. I., Alejandro T. G. Biomarkers of oxidative stress and reproductive complications. *Advances in Clinical Chemistry*. 2023. Vol. 113. P. 157–233.
214. Mario M. Abnormal Copper homeostasis: mechanisms and roles in neurodegeneration. *Toxics*. 2014. Vol. 2. P. 327–345.
215. Marteil G., Richard-Parpaillon L., Kubiak J. Z. Role of oocyte quality in meiotic maturation and embryonic development. *Reproductive Biology*. 2009. Vol. 9, №3. P. 203–224.
216. Martinello M, Mutinelli F. Antioxidant Activity in Bee Products: A Review. *Antioxidants*. 2021. Vol. 10, №1:71.
217. Martinov D., Ayvazova N., Konova E., Atanasov M. Glutathione Content and Glutathione Peroxidase Activity of Sperm in Males with Unexplained Infertility. *Journal of Biomedical and Clinical Research*. 2021. Vol. 14, №1. P. 53–56.
218. Menezes T. A, Mellagi A. P. G., da Silva Oliveira G., Bernardi M. L., Wentz I., Ulguim R. D. R. Antibiotic-free extended boar semen preserved under low temperature maintains acceptable in-vitro sperm quality and reduces bacterial load. *Theriogenology*. 2020. Vol. 149. P. 131–138.
219. Meng Q., Guo T., Li G., Sun S., He S., Cheng B., Shi B., Shan A. Dietary resveratrol improves antioxidant status of sows and piglets and regulates antioxidant gene expression in placenta by Keap1-Nrf2 pathway and Sirt1. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2018. Vol. 20, №9:34.

220. Miller C. J., Rose A. L., Waite T. D. Importance of Iron Complexation for Fenton-Mediated Hydroxyl Radical Production at Circumneutral pH. *Frontiers in Marine Science*. 2016. №3:134.
221. Moretti E., Signorini C., Noto D., Corsaro R., Collodel G. The relevance of sperm morphology in male infertility. *Frontiers in Reproductive Health*. 2022. Vol. 4:945351.
222. Moriya M., Ho Y. H., Grana A., Nguyen L., Alvarez A., Jamil R., Ackland M. L., Michalczyk A., Hamer P., Ramos D., Kim S., Mercer J. F., Linder M. C. Copper is taken up efficiently from albumin and alpha2-macroglobulin by cultured human cells by more than one mechanism. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*. 2008. Vol. 295, №3. P. 708–721.
223. Murphy M. P., Bayir H., Belousov V. Guidelines for measuring reactive oxygen species and oxidative damage in cells and in vivo. *Nature Metabolism*. 2022. Vol. 4. P. 651–662.
224. Nandi A., Yan L. J., Jana C. K., Das N. Role of catalase in oxidative stress- and age-associated degenerative diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2019. Vol. 2019:9613090.
225. Napolitano G., Fasciolo G., Di Meo S., Venditti P. Vitamin E Supplementation and Mitochondria in Experimental and Functional Hyperthyroidism: A Mini-Review. *Nutrients*. 2019. Vol. 11, №12:2900.
226. Ndrepepa G. De Ritis ratio and cardiovascular disease: evidence and underlying mechanisms. *Journal of Laboratory and Precision Medicine*. 2023. Vol. 8. 24 p.
227. Netto A., Zanetti M., Claro G., de Melo M., Vilela F., Correa L. Effects of Copper and Selenium Supplementation on Performance and Lipid Metabolism in Confined Brangus Bulls. *Animal Bioscience*. 2014. Vol. 27, №4. P. 488–494.
228. Noetzli L. J., Panigrahy A., Mittelman S. D., Hyderi A., Dongelyan A., Coates T. D., Wood J. C. Pituitary iron and volume predict hypogonadism in transfusional iron overload. *American Journal of Hematology*. 2012. Vol. 87. P. 167–171.

229. Novais A. K., Deschene K., Martel-Kennes Y., Roy C., Laforest J. P., Lessard M., Matte J. J., Lapointe J. Weaning differentially affects mitochondrial function, oxidative stress, inflammation and apoptosis in normal and low birth weight piglets. *PLoS One*. 2021. Vol. 16, №2:e0247188.
230. O'Flaherty C., Matsushita-Fournier D., Reactive oxygen species and protein modifications in spermatozoa, *Biology of Reproduction*. 2017. Vol. 97, № 4. P. 577–585.
231. O'Flaherty C. Redox regulation of mammalian sperm capacitation. *Asian Journal of Andrology*. 2015. Vol. 17, №4. P. 583–590.
232. Ogbodo S. O., Okaka A. N., Nwagha U. I., Ejezie F. E. Free Radicals and Antioxidants Status in Pregnancy: Need for Pre- and Early Pregnancy Assessment. *The American Journal of Medicine*. 2014. Vol. 4, №6. P. 230–235.
233. Ogorek M., Gasior L., Pierzchala O., Daszkiewicz R., Lenartowicz M. Role of copper in the process of spermatogenesis. *Postepy higieny i medycyny doswiadczalnej*. 2017. Vol. 71. P. 662–680.
234. Oropeza-Moe M., Grontvedt C. A., Phythian C. J., Sorum H., Fauske A. K., Framstad T. Zinc oxide enriched peat influence. *Porcine Health Management*. 2017. Vol. 3:14.
235. Osorio J. Gut health, stress, and immunity in neonatal dairy calves: the host side of host-pathogen interactions. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2020. Vol. 11. P. 105–120.
236. Palani A., Alahmar A. Impact of oxidative stress on semen parameters in normozoospermic infertile men: a case-control study. *African Journal of Urology*. 2020. Vol. 26:50.
237. Parrish J. J., Willenburg K. L., Gibbs K. M., Yagoda K. B., Krautkramer M. M., Loether T. M., Melo F. C. S. A. Scrotal insulation and sperm production in the boar. *Molecular Reproduction and Development*. 2017. Vol. 84. P. 969–978.

238. Paulenz H., Kommisrud E., Hofmo P. Effect of Long-Term Storage at Different Temperatures on the Quality of Liquid Boar Semen. *Reproduction in Domestic Animals*. 2001. Vol. 35, № 2. P. 83–87.
239. Pena S. T. Jr, Gummow B., Parker A. J., Paris D. B. B. P. Antioxidant supplementation mitigates DNA damage in boar (*Sus scrofa domestica*) spermatozoa induced by tropical summer. *PLoS One*. 2019. Vol. 14, №4:e0216143.
240. Peruma P., Chamuah J. K., Rajkhowa C. Effect of catalase on the liquid storage of mithun (*Bos frontalis*) semen. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 2013. Vol. 2, №3. P. 209–214.
241. Perumal P. Effect of Superoxide Dismutase on Semen Parameters and Antioxidant Enzyme Activities of Liquid Stored (5°C) Mithun (*Bos frontalis*) Semen *Journal of Animals*. 2014. Vol. 2014:821954.
242. Pesch S., Bergmann M., Bostedt H. Determination of some enzymes and macro- and microelements in stallion seminal plasma and their correlations to semen quality. *Theriogenology*. 2006. Vol. 66. P. 307–313.
243. Piedrafita G., Keller M. A., Ralser M. The Impact of Non-Enzymatic Reactions and Enzyme Promiscuity on Cellular Metabolism during (Oxidative) Stress Conditions. *Biomolecules*. 2015. Vol. 5, №3. P. 2101–2122.
244. Pintus E., Ros-Santaella J.L. Impact of Oxidative Stress on Male Reproduction in Domestic and Wild Animals. *Antioxidants*. 2021. Vol. 10, №7:1154.
245. Pipan M. Z., Mrkun J., Kosec M., Nemec Svete A., Zrimsek P. Superoxide dismutase: a predicting factor for boar semen characteristics for short-term preservation. *BioMed Research International*. 2014. Vol.2014:105280.
246. Pipan M. Z., Mrkun J., Strajn B. J., Vrtac K. P., Kos J., Pislari A., Zrimsek P.. The influence of macro- and microelements in seminal plasma on diluted boar sperm quality. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2017. Vol. 59, №1:11, 1–9.
247. Pizzino G., Irrera N., Cucinotta M., Pallio G., Mannino F., Arcoraci V., Squadrito F., Altavilla D., Bitto A. Oxidative Stress: Harms and Benefits for

- Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017. 2017:8416763.
248. Pomar C., Remus A. Precision pig feeding: a breakthrough toward sustainability. *Animal Frontiers*. 2019. Vol. 9, №2. P. 52–59.
 249. Ponnampalam E. N., Kiani A., Santhiravel S., Holman B. W. B., Lauridsen C., Dunshea F. R. The Importance of Dietary Antioxidants on Oxidative Stress, Meat and Milk Production, and Their Preservative Aspects in Farm Animals: Antioxidant Action, Animal Health, and Product Quality—Invited Review. *Animals*. 2022. Vol. 12, №23:3279.
 250. Pruneda A., Pinart E., Dolors Briz M., Sancho S., Garcia-Gil N., Badia E., Kadar E., Bassols J., Bussalleu E., Yeste M., Bonet S. Effects of a high semen-collection frequency on the quality of sperm from ejaculates and from six epididymal regions in boars. *Theriogenology*. 2005. Vol. 63, №8. P. 2219-2232.
 251. Qazi I. H., Angel C., Yang H., Zoidis E., Pan B., Wu Z., Ming Z., Zeng C. J., Meng Q., Han H., Zhou G. Role of Selenium and Selenoproteins in Male Reproductive Function: A Review of Past and Present Evidences. *Antioxidants*. 2019. Vol. 8, №8:268.
 252. Qiao N., Yang Y., Liao J., Zhang H., Yang F., Ma F., Han Q., Yu W., Li Y., Hu L., Pan J., Hussain R., Tang Z. Metabolomics and transcriptomics indicated the molecular targets of copper to the pig kidney. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2021. Vol. 218:112284.
 253. Ranganathan P. N., Lu Y., Jiang L., Kim C., Collins J. F. Serum ceruloplasmin protein expression and activity increases in iron-deficient rats and is further enhanced by higher dietary copper intake. *Blood*. 2011. Vol. 118, №11. P. 3146–3153.
 254. Reader K. L., Stanton A. L., Juengel J. L. The Role of Oocyte Organelles in Determining Developmental Competence. *Biology*. 2017. Vol. 6, №3:35.
 255. Remita F., Abdenmour C., Talbi A., Khelili K. Protective role of crataegus monogyna on sperm quality and testis oxidative stress against copperinduced

- toxicity. *Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University*. 2020. Vol. 44, №3. 452–469.
256. Reyes-Camacho D., Vinyeta E., Perez J. F, Aumiller T., Criado L., Palade L. M., Taranu I., Folch J. M, Calvo M. A, Van der Klis J. D., Sola-Oriol D. Phytogenic actives supplemented in hyperprolific sows: effects on maternal transfer of phytogenic compounds, colostrum and milk features, performance and antioxidant status of sows and their offspring, and piglet intestinal gene expression. *Journal of Animal Science*. 2020. Vol. 98, №1:skz390.
 257. Rizvi S., Raza S. T., Ahmed F., Ahmad A., Abbas S., Mahdi F. The role of vitamin e in human health and some diseases. *Sultan Qaboos University Medical Journal*. 2014. Vol. 14, №2:e157-65.
 258. Rodriguez A., Soom A., Arsenakis I., Mae D. Boar management and semen handling factors affect the quality of boar extended semen. *Porcine Health Management*. 2017. №3:15.
 259. Roman M., Jitaru P., Barbante C. Selenium biochemistry and its role for human health. *Metallomics*. 2014. Vol. 6, №1. P. 25–54.
 260. Rosa A. C., Corsi D., Cavi N., Bruni N., Dosio F. Superoxide Dismutase Administration: A Review of Proposed Human Uses. *Molecules*. 2021. Vol. 26, №7:1844.
 261. Rosa F., Michelotti T. C., St-Pierre B., Trevisi E., Osorio J.S. Early life fecal microbiota transplantation in neonatal dairy calves promotes growth performance and alleviates inflammation and oxidative stress during weaning. *Animals*. 2021. Vol. 11, №9:2704
 262. Rosselli M., Keller P. J., Dubey R. K. Role of nitric oxide in the biology, physiology and pathophysiology of reproduction. *Human Reproduction Update*. 1998. Vol. 4, №1. P. 3–24.
 263. Roy D., Dey S., Majumder G., Bhattacharyya D. Copper: a biphasic regulator of caprine sperm forward progression. *Systems Biology in Reproductive Medicine*. 2013. Vol. 60, №1. P. 52–57.

264. Roychoudhury S., Nath S., Massanyi P., Stawarz R., Kacaniova M., Kolesarova A. Copper-induced changes in reproductive functions: in vivo and in vitro effects. *Physiological Research*. 2016. Vol. 65, №1. P. 11–22.
265. Rubio-Riquelme N., Huerta-Retamal N., Gomez-Torres M. J., Martinez-Espinosa R. M. Catalase as a Molecular Target for Male Infertility Diagnosis and Monitoring: An Overview. *Antioxidants* 2020. Vol. 9, №1:78.
266. Rungruangsak J., Sangkaphet S., Buranaamnuay K., Pongpeng P., Tummaruk P. Boar sperm production in a tropical environment. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 2021. №51(2). P. 213–220.
267. Rychter A. M., Hryhorowicz S., Slomski R., Dobrowolska A., Krela-Kazmierczak I. Antioxidant effects of vitamin E and risk of cardiovascular disease in women with obesity - A narrative review. *Clinical Nutrition*. 2022. Vol. 41, №7. 1557–1565.
268. Sabeti P., Pourmasumi S., Rahiminia T., Akyash F., Talebi A. R. Etiologies of sperm oxidative stress. *International Journal of Reproductive BioMedicine*. 2016. Vol. 14. №4. P. 231–240.
269. Sakkas D., Ramalingam M., Garrido N., Barratt C. L. Sperm selection in natural conception: what can we learn from Mother Nature to improve assisted reproduction outcomes? *Human Reproduction Update*. 2015. Vol. 21, №6. P. 711–726.
270. Sanocka D., Kurpisz M. Reactive oxygen species and sperm cells. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2004. Vol. 23, №2:12.
271. Sawczuk R., Karpinska J., Milyk W. What do we need to know about drone brood homogenate and what is known. *Journal of Ethnopharmacology*. 2019. Vol. 245:111581.
272. Schneider M., Forster H., Boersma A., Seiler A., Wehnes H., Sinowatz F., Neumuller C., Deutsch M. J., Walch A., Hrabe de Angelis M., Wurst W. Mitochondrial glutathione peroxidase 4 disruption causes male infertility. *FASEB Journal*. 2009. Vol. 23, №9. 3233–3242.

273. Schomburg L. Selenium, selenoproteins and the thyroid gland: interactions in health and disease. *Nature Reviews Endocrinology*. 2011. Vol. 8, №3. P. 160–171.
274. Seleem A. K., El Refaeey A. A., Shaalan D., Sherbiny Y., Badawy A. Superoxide dismutase in polycystic ovary syndrome patients undergoing intracytoplasmic sperm injection. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*. 2014. Vol. 31, №4. P. 499–504.
275. Shete S. A., Hamid M. Antioxidant level in the Seminal Plasma of Human subjects with different Fertility Potential. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*. 2016. Vol. 6. P. 93–96.
276. Shimizu H., Tsubota T., Kanki K., Shiota G. All-trans retinoic acid ameliorates hepatic stellate cell activation via suppression of thioredoxin interacting protein expression. *Journal of Cellular Physiology*. 2018. Vol. 233, №1. P. 607–616.
277. Shoinbayeva K. B., Omirzak T., Bigara T., Abubakirova A., Dauylbay A. Biologically Active Preparation and Reproductive Function of Stud Rams. *Asian Journal of Pharmaceutics*. 2017. Vol. 11. №3. P. 184–191.
278. Shostya A. M., Siabro A. S. Prooxidant-antioxidant homeostasis in blood of gilts under the effects of copper citrate. *Animal science: «Sustainable livestock production and animal welfare»*. K.: NUBiP of Ukraine : 2023. P. 39.
279. Shostya A., Pavlova I., Slynko V., Chukhlib Y., Yukhno V., Shaferivskyi B., Sokirko M. Quality of the Poltava meat breeding boars sperm production depending on their use regimens and under the effect of «humilid» feed supplement. *Miedzynarodowe czasopismo naukowe*. 2021. №12(99). P. 18–23.
280. Shostya A., Siabro A. Effects of copper citrate on physiological-biochemical parameters of ejaculate of sire boars. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. №13(2). P.121–129.
281. Sidor E, Dzugan M. Drone Brood Homogenate as Natural Remedy for Treating Health Care Problem: A Scientific and Practical Approach. *Molecules*. 2020. Vol. 25, №23:5699.

282. Silva-Guillen Y. V., Arellano C., Boyd R. D. Growth performance, oxidative stress and immune status of newly weaned pigs fed peroxidized lipids with or without supplemental vitamin E or polyphenols. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2020. Vol. 11:22.
283. Silvestre M. A., Yaniz J. L., Pena F. J., Santolaria P., Castello-Ruiz M. Role of Antioxidants in Cooled Liquid Storage of Mammal Spermatozoa. *Antioxidants*. 2021. Vol. 10, №7:1096.
284. Sivertsen T., Vie E., Bernhoft A., Baustad B. (). Vitamin E and selenium plasma concentrations in weanling pigs under field conditions in Norwegian pig herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2007. Vol. 49, №1. P. 1–9.
285. Socha M. W., Flis W., Wartęga M., Stankiewicz M. Impact of Oxidative Stress on Molecular Mechanisms of Cervical Ripening in Pregnant Women. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022. Vol. 23, №21:12780.
286. Solovova O. A., Chernykh V. B. Genetics of Oocyte Maturation Defects and Early Embryo Development Arrest. *Genes*. 2022. Vol. 13, №11:1920.
287. Song G. J., Norkus E. P., Lewis V. Relationship between seminal ascorbic acid and sperm DNA integrity in infertile men. *International Journal of Andrology*. 2006. Vol. 29, №6. P. 569–575.
288. Sosnowska A., Kawecka M., Jacyno E., Kolodziej-Skalska A., Kamyczek M., Matysiak B. Effect of dietary vitamins E and C supplementation on performance of sows and piglets. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science*. 2011. Vol. 61. P. 196–203.
289. Sperling D., Freudenschuss B., Shrestha A., Hinney B., Karembe H., Joachim A. Comparative efficacy of two parenteral iron-containing preparations, iron gleptoferron and iron dextran, for the prevention of anaemia in suckling piglets. *Veterinary Record Open*. 2018. Vol. 5, №5(1):e000317.
290. Staneviciene I., Sulinskiene J., Sadauskiene I., Liekis A., Ruzgaite A., Naginiene R., Baranauskiene D., Simakauskiene V., Krusnauskas R., Viezelienė D. Effect of Selenium on the Iron Homeostasis and Oxidative Damage in Brain and Liver of Mice. *Antioxidants*. 2022. Vol. 11, №7:1216.

291. Strickland J. M., Lyman D., Sordillo L. M., Herdt T. H., Buchweitz J. P. Effects of Super Nutritional Hepatic Copper Accumulation on Hepatocyte Health and Oxidative Stress in Dairy Cows. *Veterinary Medicine International*. 2019:3642954.
292. Suriyasomboon A, Lundeheim N, Kunavongkrit A, Einarsson S. Effect of temperature and humidity on sperm morphology in duroc boars under different housing systems in Thailand. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 2005. Vol. 67, №8. P. 777-785.
293. Svoboda M., Piskova K. Oral iron administration in suckling piglets—A review. *Acta Veterinaria Brno*. 2018. Vol. 87. P. 77–83.
294. Szudzik M., Starzynski R. R., Jonczy A., Mazgaj R., Lenartowicz M., Lipinski P. Iron Supplementation in Suckling Piglets: An Ostensibly Easy Therapy of Neonatal Iron Deficiency Anemia. *Pharmaceuticals*. 2018. Vol. 22, №11(4):128.
295. Tanaka A., Kaneto H., Miyatsuka T., Yamamoto K., Yoshiuchi K., Yamasaki Y., Shimomura I., Matsuoka T. A, Matsuhisa M. Role of copper ion in the pathogenesis of type 2 diabetes. *Endocrine Journal*. 2009. Vol. 56, №5. P. 699–706.
296. Tatemoto H., Sakurai N., Muto N. Protection of porcine oocytes against apoptotic cell death caused by oxidative stress during In vitro maturation: role of cumulus cells. *Biology of Reproduction*. 2000. Vol. 63, №3. P. 805–810.
297. Taylor A. A., Tsuji J. S., Garry M. R. Critical Review of Exposure and Effects: Implications for Setting Regulatory Health Criteria for Ingested Copper. *Environmental Management*. 2020. Vol. 65. 131–159.
298. Tothova C., Link R., Kyzekova, P., Nagy O. Serum protein electrophoretic pattern in piglets during the early postnatal period. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11:17539.
299. Tvrda E., Peer R., Sikka S., Agarwal A. Iron and copper in male reproduction: a double-edged sword. *Journal Assisted Reproduction and Genetics*. 2015. Vol. 32, №1. P. 3–16.

300. Umesiobi, D. O. The effect of vitamin E supplementation on the libido and reproductive capacity of Large White boars. *South African Journal of Animal Science*. 2012. Vol. 42, №5. P. 559–563.
301. Usenko S.A., Kovalenko V.F., Shostya A.M., Siabro A.S., Pavlova I.V., Sarnavska I.V. (2022). Hypothesis about the cyclic lability of prooxidant-antioxidant homeostasis in sows. *Reproduction in Domestic Animals*. 57(1). P. 84.
302. Vaskova J., Klepcova Z., Spakov I., Urdzik P., Stofilova J., Bertkova I., Kl'oc M., Rabajdova M. The Importance of Natural Antioxidants in Female Reproduction. *Antioxidants*. 2023. Vol. 12, №4:907.
303. Vidyashankar S., Patki P. S. Liv.52 attenuate copper induced toxicity by inhibiting glutathione depletion and increased antioxidant enzyme activity in HepG2 cells. *Food and Chemical Toxicology* 2010. Vol. 48, №7. P. 1863–1868.
304. Waberski D., Riesenbeck A., Schulze M., Weitze K. F., Johnson L. Application of preserved boar semen for artificial insemination: past, present and future challenges. *Theriogenology*. 2019. 137:2–7.
305. Wang J., Chen L., Li D., Yin Y., Wang X., Li P., Dangott L. J., Hu W., Wu G. Intrauterine growth restriction affects the proteomes of the small intestine, liver, and skeletal muscle in newborn pigs. *The Journal of Nutrition*. 2008. Vol. 138, №1. P. 60–66.
306. Wang L., Xu X., Su G., Shi B., Shan A. High concentration of vitamin E supplementation in sow diet during the last week of gestation and lactation affects the immunological variables and antioxidative parameters in piglets. *Journal of Dairy Research*. 2017. Vol. 84, №1. P. 8–13.
307. Wang X., Jiang G., Kebreab E., Yu Q., Li J., Zhang X., He H., Fang R., Dai Q. Effects of dietary grape seed polyphenols supplementation during late gestation and lactation on antioxidant status in serum and immunoglobulin content in colostrum of multiparous sows. *Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 97, №6. P. 2515–2523.

308. Wei X., Guo L., Liu Y., Zhou S., Liu Y., Dou X., Du S., Ding M., Peng W., Qian S., Huang H., Tang Q. Synthesis of cytochrome c oxidase 1 (SCO1) inhibits insulin sensitivity by decreasing copper levels in adipocytes. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2017. Vol. 491, №3. P. 814–820.
309. Williams A. M., Safranski T. J., Spiers D. E., Eichen P. A., Coate E. A., Lucy M. C. Effects of a controlled heat stress during late gestation, lactation, and after weaning on thermoregulation, metabolism, and reproduction of primiparous sows. *Journal of Animal Science*. 2013. Vol. 91. P. 2700–2714.
310. Wolonciej M., Milewska E., Roszkowska-Jakimiec W. Trace elements as an activator of antioxidant enzymes. *Postępy Higieny i Medycyny Doswiadczałnej (Online)*. 2016. Vol. 31, №70. P. 1483–1498.
311. Wongtawan T., Saravia F., Wallgren M., Caballero I., Rodriguez-Martinez H. Fertility after deep intra-uterine artificial insemination of concentrated lowvolume boar semen doses. *Theriogenology*. 2006. Vol. 65, №4. P. 773–787.
312. Wu G., Bazer F. W., Johnson G. A., Burghardt R. C., Li X. L., Dai Z. L., Wang J., Wu Z. Maternal and fetal amino acid metabolism in gestating sows. *Society for Reproduction and Fertility*. 2013. Vol. 68. P.185–198.
313. Wu G., Bazer F. W., Johnson G. A., Herring C., Seo H., Dai Z., Wang J., Wu Z., Wang X. Functional amino acids in the development of the pig placenta. *Molecular Reproduction and Development*. 2017. Vol.84, №9. P.870–882.
314. Wu M., Han F., Gong W., Feng L., Han J. The effect of copper from water and food: changes of serum nonceruloplasmin copper and brain's amyloid-beta in mice. *Food & Function*. 2016. Vol. 7, №9. P. 3740–3747.
315. Wu X., Cui H., Gao X., Yang F. Effects of dietary copper on elemental balance, plasma minerals and serum biochemical parameters of growing-furring male mink (*Mustela vison*). *Animal Nutrition*. 2015. Vol. 1, №1. P. 36–40.
316. Yan H. H., Cheng C. Y. Blood-testis barrier dynamics are regulated by an engagement/disengagement mechanism between tight and adherens junctions via peripheral adaptors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005. Vol. 102, №33. P. 11722–11727.

317. Ye R., Huang J., Wang Z., Chen Y., Dong Y. The Role and Mechanism of Essential Selenoproteins for Homeostasis. *Antioxidants*. 2022. Vol. 11, №5:973.
318. Yin J., Ren W., Liu G., Duan J., Yang G., Wu L., Li T., Yin Y. Birth oxidative stress and the development of an antioxidant system in newborn piglets. *Free Radical Research*. 2013. Vol. 47, №12. P. 1027–1035.
319. Yu L., Li H., Peng Z., Ge Y., Liu J., Wang T., Wang H., Dong L. Early Weaning Affects Liver Antioxidant Function in Piglets. *Animals*. 2021. Vol. 11, №9:2679.
320. Yuan X., Zhang X., Wu Y., Che D., Ye H., Pi Y., Tao S., Wang J., Han D. Maternal Amino Acid Mixtures Supplementation during Late Gestation and Lactation Improved Growth Performance of Piglets through Improving Colostrum Composition and Antioxidant Capacity. *Antioxidants*. 2022. Vol. 11, №11:2144.
321. Zafar M. I., Lu S., Li H. Sperm-oocyte interplay: an overview of spermatozoon's role in oocyte activation and current perspectives in diagnosis and fertility treatment. *Cell & Bioscience*. 2021. Vol. 11:4.
322. Zhao J., Allee G., Gerlemann G., Ma L., Gracia M. I., Parker D. Effects of a chelated copper as growth promoter on performance and carcass traits in pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2014. Vol. 27, №7. P. 965–973.
323. Zhao W., Liu F., Bell A. W., Le H. H., Cottrell J. J., Leury B. J., Green M. P., Dunshea F. R. Controlled elevated temperatures during early-mid gestation cause placental insufficiency and implications for fetal growth in pregnant pigs. *Science Publication*. 2020. Vol. 10:20677.
324. Zhao Y., Kim S. W. Oxidative stress status and reproductive performance of sows during gestation and lactation under different thermal environments. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2020. Vol. 33, № 5. P. 722–731.
325. Zhu Z., Umehara T., Okazaki T., Goto M., Fujita Y., Hoque S. A. M., Kawai T., Zeng W., Shimada M. Gene Expression and Protein Synthesis in Mitochondria Enhance the Duration of High-Speed Linear Motility in Boar Sperm. *Frontiers in Physiology*. 2019. Vol. 10:252.

ДОДАТКИ

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України

1. Усенко С. О., **Сябро А. С.**, Березницький В. І., Чухліб Є. В., Слинсько В. Г., Мироненко О. І. Новітні аспекти мінерального живлення свиней. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 4. С. 126-133. (Здобувач зібрав та опрацював літературу за темою статті, безпосередньо брав участь у підготовці статті до друку).
2. Усенко С. О., **Сябро А. С.**, Поліщук А. А., Мороз О. Г., Бірта Г. О., Ільченко М. О. Новітні біотехнології відтворення свиней в умовах промислового свиначства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 1. С. 121-129. (Здобувач зібрав та опрацював літературу за темою статті, безпосередньо брав участь у підготовці статті до друку).
3. **Сябро А. С.** Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз та відтворювальна здатність кнурів-плідників за впливу цитрату міді. *Біологія тварин*. 2021. т. 23, № 2. С. 12-18.
4. Шостя А. М., **Сябро А. С.**, Ковальчук І. І., Краснощок О. О., Чухліб Є. В., Березницький В. І. Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у спермі кнурів-плідників за впливу різних кормових добавок. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 181-187. (Здобувач провів дослідження, статистичну обробку матеріалів, їх аналіз та безпосередньо брав участь у підготовці статті до друку).
5. Усенко С. О., **Сябро А. С.** Механізми впливу міді на відтворну здатність самців. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 2. С. 186–196. (Здобувач зібрав та опрацював літературу за темою статті, безпосередньо брав участь у підготовці статті до друку).

6. **Сябро А. С.** Стан прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у крові ремонтних свинок при згодовуванні хелатів мікроелементів. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2023. №107. С. 129-137.

Статті у виданні,

включеному до міжнародної наукометричної бази Web of Science

7. Shostya A., **Siabro A.** Effects of copper citrate on physiological-biochemical parameters of ejaculate of sire boars. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2022. №13(2). Р. 121-129. (Здобувач провів дослідження, статистичну обробку матеріалів, їх аналіз та безпосередньо брав участь у підготовці статті до друку).

Патенти на корисну модель

8. Спосіб поліпшення відтворної здатності кнурів-плідників : пат. 151328 Україна : МПК (2022.01), А61D 19/00, А23К 10/30 (2016.01), А23К 50/30 (2016.01). у 2021 07446, заяв. 20.12.2021; опубл. 07.07.2022, Бюл. №27.

9. Спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників : пат. 152236 Україна : МПК (2022.01), А61D 19/00. у 2021 06128, заяв. 01.11.2021 ; опубл. 12.01.2023, Бюл. №2.

Опубліковані праці апробаційного характеру

10. **Сябро А. С.** Використання хелатних сполук мікроелементів у живленні сільськогосподарських тварин як запорука збереження довкілля. *Перспективи еко-інноваційного розвитку сільськогосподарського виробництва* : матеріали І Міжнародної наук.-практ. конф., 22 черв. 2020 р. Полтава : 2020. С. 92-94.

11. **Сябро А. С.** Використання новітніх біотехнологій відтворення свиней в умовах промислового свиначства. *Актуальні проблеми фізіології тварин* : матеріали Міжнародної наук.-практ. конф., присвяченої 120-річчю Олексія Володимировича Квасницького, 17-18 верес. 2020 р. Полтава : ПДАА, 2020. С. 96.

12. **Сябро А. С., Шостя А. М.** Використання новітніх кормових добавок в умовах промислового свиначства. *Актуальні питання технології продукції*

тваринництва : збірник статей за результатами V Всеукраїнської інтернет-конференції, 29-30 жовт. 2020 р. Полтава : 2020. С.101-105.

13. **Сябро А. С.** Особливості перебігу пероксидного окиснення в спермі кнурів-плідників при згодовуванні цитрату міді. *Сучасний стан свинарства* : збірник матеріалів міжвузівської наук.-практ. інт. конф., 2021 р., Мала Данилівка : 2021. С. 55-58.

14. **Сябро А. С.** Інтенсивність процесів пероксидації за дії мінерального живлення. *Актуальні питання технології продукції тваринництва* : збірник статей за результатами VI Всеукраїнської наук.-практ. інт. конф., 29-30 листоп. 2021 р., Полтава : 2021. С. 122-126.

15. **Сябро А. С.** Вплив прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на якість спермопродукції кнурів-плідників за дії кормових добавок. *Наукові здобутки у вирішенні актуальних проблем виробництва і переробки продукції тваринництва* : збірник матеріалів Всеукраїнської наук.-практ. конф. молодих вчених та здобувачів освіти, 16 груд. 2021 р., Житомир : 2021. С.92-93

16. **Сябро А. С.** Вплив міді на становлення статевої функції самців. *Перспективи використання морфологічних досліджень в розвитку сучасної медицини і стоматології* : Вісник проблем біології і медицини. 2022. Вип.2(164) (додаток). С. 49-50.

17. **Сябро А. С.** Зміни морфо-функціональних показників сперматозоїдів кнурів-плідників за впливу цитрату Міді. *Досягнення та перспективи ветеринарної науки* : матеріали Міжнарод. наук.-практ. Інт.-конф. молодих вчених, 20 жовт. 2022 р. Полтава : 2022. С. 104-106.

18. **Сябро А. С.** Прооксидантно-антиоксидантний гомеостаз у крові поросних свиноматок при згодовуванні кормових добавок. *Розвиток галузі тваринництва в умовах євроінтеграції*: матеріали Міжнар. інт. конф., 4 листоп. 2022 р. Полтава : 2022. С. 115-117.

19. Shostya A. M., **Siabro A. S.** Prooxidant-antioxidant homeostasis in blood of gilts under the effects of copper citrate. *Animal science: «Sustainable livestock production and animal welfare»*. K.: NUBiP of Ukraine : 2023. P. 39.





ПОГОДЖУЮ

Проректор з наукової, науково-педагогічної роботи Полтавського державного аграрного університету



Олег ГОРБ

2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор інституту свинарства

НААН України



Олександр ЦЕРЕНЮК

2023 року

Акт**про впровадження результатів науково-дослідних робіт**

Даним актом стверджується, що «Спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників» використовується у роботі науково-дослідних лабораторій та племінного репродуктора із розведення свиней полтавської м'ясної породи інституту свинарства НААН України

Початок - 2022 р.

Закінчення – 2023 р.

Вид впровадження робіт. «Спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників».

Масштаби впровадження. 10 кнурів-плідників

Новизна результатів науково-дослідних робіт. Використання штучного осіменіння передбачає довготривале зберігання сперми, що супроводжується зміною стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у напрямку окисного стресу. Тісний зв'язок мікроелементів з ензимами антиоксидантного захисту дозволяє нормувати мінеральне живлення для підвищення стійкості гамет до негативної дії вільних радикалів. Спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників, в основі якого є використання цитрату Міді, забезпечує оптимальне формування стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у спермі кнурів-плідників, що покращує якість сперми за рахунок підвищення функціональної активності сперматозоїдів та їх запліднюючої здатності.

Додаток Д

ПОГОДЖУЮ

Проректор з наукової, науково-педагогічної роботи Полтавського державного аграрного університету

Олег ГОРБ

2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ДП «Дослідне господарство імені Декабристів Інституту свинарства НААН»

Володимир ЦИБЕНКО

2023 р.

АКТ

про впровадження результатів науково-дослідних робіт

Даним актом стверджується, що «Спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників» використовується у системі штучного осіменіння свиней ДП «Дослідне господарство імені Декабристів Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН».

Початок - 2022 р.

Закінчення – 2023 р.

Вид впровадження робіт. «Спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників».

Масштаби впровадження. 9 кнурів-плідників.

Новизна результатів науково-дослідних робіт. Спосіб поліпшення якості спермопродукції кнурів-плідників, в основі якого є використання цитрату Міді, забезпечує оптимальне формування стану прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу у спермі кнурів-плідників, що покращує якість сперми за рахунок підвищення функціональної активності сперматозоїдів та їх запліднюючої здатності.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Заступник директора Інституту
біології тварин НААН з наукової
роботи, д.с.-г.н., професор
Ігор ВУДМАСКА
«16» березня 2023 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи Сябро Альони Сергіївни на тему «Вплив прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на формування відтворної здатності свиней та способи корекції» у науково-дослідну роботу Лабораторії біотехнології відтворення та Лабораторії молекулярної біології та клінічної біохімії Інституту біології тварин НААН.

Дисертаційна робота Сябро Альони Сергіївни присвячена впливу коригування мінерального живлення кнурів на формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу, біохімічного та мінерального складу сперми, а також взаємозв'язків досліджених показників з фізіологічними якістьми спермій.

Тому викладені в дисертаційній роботі «Вплив прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на формування відтворної здатності свиней та способи корекції» результати вивчення коригування мінерального живлення кнурів-плідників на формування прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу, біохімічного та мінерального складу сперми, а також взаємозв'язок досліджених показників з функціональною активністю спермій використані в науково-дослідній роботі Лабораторії молекулярної біології та клінічної біохімії для розроблення нових способів поліпшення запліднювальної здатності статевих клітин і запліднюваності свиноматок.

Заступник директора
з інноваційно-наукової діяльності,
д. с.-г.н, професор

Микола ШАРАН

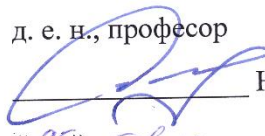
Завідувач лабораторії
молекулярної біології та клінічної
біохімії, д. с.-г.н., с.н.с.

Дмитро ОСТАПІВ

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з наукової та міжнародної діяльності,

д. е. н., професор

 Ю. І. Данько

« 06 » березня 2023 р.

АКТ

**про впровадження/використання результатів
кандидатської дисертаційної роботи у навчальний процес**

Даним актом стверджується, що результати дисертаційної роботи **Сябро Альони Сергіївни** на тему: «Вплив прооксидантно – антиоксидантного гомеостазу на формування відтворної здатності свиней та способи корекції» впроваджено у навчальний процес Сумського національного аграрного університету в межах освітньо-професійної програми «Ветеринарна медицина» та використовуються при викладанні дисципліни «Нормальна та патологічна фізіологія тварин». Використання даного матеріалу при підготовці здобувачів вищої освіти I рівня, дозволить розширити їх знання із біотехнології відтворення у напрямку визначення головних екзогенних факторів впливу на функціональну активність сперматозоїдів при тривалому зберіганні спермодоз.

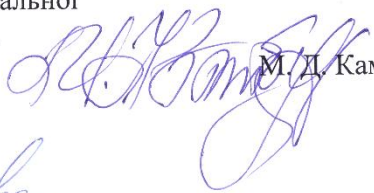
Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри анатомії, нормальної та патологічної фізіології тварин, протокол № 5 від 06.03.2023р.

Погоджено:

Декан факультету ветеринарної медицини

 О. Л. Нечипоренко

Завідувач кафедри анатомії, нормальної та патологічної фізіології тварин,
д. вет. н., професор

 М. Д. Камбур



Вищий навчальний заклад Укоопспілки «ПОЛТАВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ» 36014, м. Полтава, вул. Ковалю, 3 код за ЄДРПОУ 01597997 п/р UA663223130000026008000019421 в АТ «Укресімбанк»	 Higher Educational Establishment of Ukoopspilka «POLTAVA UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TRADE» 3, Koval Street, Poltava, 36014, Ukraine EDRPOU 01597997 Account UA663223130000026008000019421 in JSC Ukreximbank
+38 (0532) 50-91-70 +38 (0532) 50-02-22 can@puet.edu.ua	 POLTAVA UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TRADE

№ 01-10/52 від 06 03 2023 на № _____

www.puet.edu.ua

ДОВІДКА

про впровадження у навчальний процес результатів дисертації

СЯБРО АЛЬОНИ СЕРГІЙВНИ

на тему «Вплив прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на формування
відтворної здатності свиней та способи корекції»

Результати наукових досліджень, які засвідчують важливість використання додаткових методів оцінки біологічної повноцінності статевих клітин, зокрема проведення морфометричного аналізу та їх інкубування для більш ефективного прогнозування якості фертильності самців, впроваджено у навчальний процес Полтавського університету економіки і торгівлі в межах освітньо-професійної програми «Біотехнологія» та використовуються при викладанні дисципліни «Генетика», «Загальна біотехнологія», «Біотехнологія культур клітин і тканин». Використання результатів досліджень при підготовці здобувачів вищої освіти забезпечить поглиблене вивчення основних та додаткових методів визначення якості гамет, а також факторів, котрі впливають на ці показники.

Ректор



Олексій НЕСТУЛЯ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

65012, Одеська обл., м. Одеса, вул. Пантелеймонівська, 13, тел. +38(048) 784-57-32; +38(048)784-57-22
E-mail: osau@osau.edu.ua; ogsi@te.net.ua; ідентифікаційний код 00493008

«15» *березня* 2023 р. № *156/2*

Полтавському державному
аграрному університету

КАРТКА

зворотного зв'язку щодо впровадження у освітній процес результатів дисертації

СЯБРО АЛЬОНИ СЕРГІЙВНИ

на тему «Вплив прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на формування
відтворної здатності свиней та способи корекції»

Результати наукових досліджень, які засвідчують важливість розуміння особливостей механізму дії біологічно активних речовин на формування відтворної здатності самців та самок сільськогосподарських тварин, а також необхідність нормування вітамінно-мінерального живлення для максимального прояву генетичного потенціалу, впроваджено у освітній процес в межах освітньо-професійної програми «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва» та використовуються при викладанні дисциплін «Біологія продуктивності сільськогосподарських тварин», «Перспективні технології виробництва продукції тваринництва», які викладаються на кафедрі технології виробництва і переробки продукції тваринництва при підготовці здобувачів вищої освіти II (магістерського) рівня вищої освіти, що дозволяє розширити уяву здобувачів вищої освіти про сучасні досягнення в галузі біотехнології відтворення у напрямку визначення головних екзогенних факторів впливу на відтворну здатність тварин, а отже й якість отриманих нащадків.

Проректор з
науково-педагогічної та
методичної роботи



Інна МАЛЕЦЬКА

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Перший проректор-проректор з
навчальної роботи
Дніпровського державного
аграрно-економічного університету, проф.

Дмитро ОНОПРИСНКО

« 10 »

**Довідка**

про впровадження у навчальний процес результатів дисертації

СЯБРО АЛЬОНИ СЕРГІЙВНИ

на тему «Вплив прооксидантно-антиоксидантного гомеостазу на формування
відтворної здатності свиней та способи корекції»

У навчальному процесі Дніпровського державного аграрно-економічного університету в межах освітньо-професійної програми Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва при викладанні дисципліни «Технологія виробництва продукції свинарства» використовуються результати дисертаційної роботи, які свідчать про необхідність визначення особливостей формування відтворної здатності сільськогосподарських тварин за дії екзо- та ендогенних факторів, зокрема корекції мінерального живлення плідників з подальшим визначенням якості отриманих еякулятів, морфології сперматозоїдів та їх запліднюючої здатності. Використання даного матеріалу при підготовці здобувачів вищої освіти, забезпечить розширення знань із біотехнології відтворення сільськогосподарських тварин, головним чином у напрямі впровадження ефективних методів поліпшення репродуктивної функції.

Затверджено на засіданні кафедри технології виробництва продукції тваринництва (протокол № 7 від 24 лютого 2023 р.)

Завідувач кафедри технології
виробництва продукції тваринництва,
доц.

Володимир ПОХИЛ

Декан біотехнологічного факультету,
проф.

Станіслав ПИЩАН