НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ БІОЛОГІЇ ТВАРИН

ЯНОВИЧ НАТАЛІЯ ЄВГЕНІЇВНА

УДК 639.371.52:[577.11:546.3]:[639.3.043:556.114]

ПЕРОКСИДНІ ПРОЦЕСИ ТА СКЛАД ЖИРНИХ КИСЛОТ У ТКАНИНАХ КОРОПІВ ЗА РІЗНОГО РІВНЯ КУПРУМУ І ЦИНКУ У ВОДІ ТА КОМБІКОРМІ

03.00.04 – біохімія

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Львів – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Львівському національному університеті ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького

Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
РІВІС Йосип Федорович,
Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН, головний науковий співробітник лабораторії аналітичних досліджень

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
СТАПАЙ Петро Васильович,
Інститут біології тварин НААН, головний науковий співробітник лабораторії живлення та біосинтезу продукції жуйних;

доктор біологічних наук, професор
КУРАНТ Володимир Зіновійович,
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, професор кафедри хімії та методики її навчання

Захист відбудеться «19» грудня 2017 р. о $10^{\underline{00}}$ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.368.01 в Інституті біології тварин НААН за адресою: 79034, м. Львів, вул. В. Стуса, 38.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту біології тварин НААН за адресою: 79034, м. Львів, вул. В. Стуса, 38.

Автореферат розісланий «17» листопада 2017 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради **О.І. Віщур**

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Джерела емісії важких металів і шляхи їх надходження в навколишнє середовище дуже різноманітні, але загалом мають техногенне походження як наслідок урбанізації та індустріалізації (Rai P., 2008; Колесник Н. Л., 2011; Євтушенко М. Ю. зі співавт., 2012; Jigau G. et al., 2013; Mosa K. et al., 2016). Міграція важких металів у об’єктах зовнішнього середовища спричинила нагромадження їх у воді ставів, кормах і тканинах прісноводних видів риб (Линник П. Н., 1999; Ситник Ю. М. зі співавт., 2007, 2009; Falfushynska H. I., Stoliar O. B., 2009; Wojtkowska M. et al., 2016). Як наслідок, концентрація важких металів в органах і тканинах прісноводних видів риб, зокрема коропів, значною мірою впливає на обмінні процеси в їх організмі та їх ріст (Курант В. З., 2001; Dhanapakiam P., Ramasamy V., 2001; Коваленко В. Ф., 2004; Грубінко В. В., 2011; Ляврін Б. З., 2014).

Як відомо, деякі важкі метали беруть учать у процесах синтезу, десатурації та окиснення жирних кислот (Грициняк І. І. зі співавт., 2010). Це зумовлено їх наявністю у складі багатьох ензимів, дотичних до обміну ліпідів і пероксидних процесів в організмі риб (Grosell M., 2012; Qu R. et al., 2014). Зокрема, Купрум і Цинк входять до складу антиоксидантних ензимів супероксиддисмутаз (Okado-Matsumoto A., Fridovich I., 2001; Perry J. et al., 2010; Sea K. et al., 2015). Цинк впливає на активність Δ3-, Δ4-, Δ5- і Δ6-десатураз (Hastings N. et al., 2001, 2004; Monroig O. et al., 2011; Ren H. et al., 2013), а Купрум – на активність Δ9-десатурази (Hongxia J. et al., 2013). Крім цього, важкі метали, насамперед двовалентні (Цинк, Купрум, Плюмбум, Кадмій), здатні утворювати з жирними кислотами важкорозчинні сполуки, неактивні у метаболічному відношенні, внаслідок чого змінюється забезпеченість організму риб енергетичним, структурним і біологічно активним матеріалом (Курант В. З., 2001; Clearwater S. et al., 2002; Коваленко В. Ф., 2004; Остроумова И. Н., 2012). Разом з тим, незважаючи на значний інтерес до дії Купруму та Цинку на біохімічні процеси в організмі риб, їхній спільний вплив на активність антиоксидантної системи, жирнокислотний склад тканин та ріст прісноводних риб, зокрема коропів, за різних шляхів надходження в організм залишається маловивченим, що обумовлює актуальність проведення таких досліджень.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є частиною наукової тематики кафедри водних біоресурсів та аквакультури Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького «Екологічні основи технологій відтворення та вирощування об’єктів прісноводного рибництва і аквакультури, профілактично-лікувальні заходи» (№ держреєстрації 0102U001335), яку виконували у 2013–2017 рр., де автор вивчала вплив різної концентрації Купруму й Цинку у воді та комбікормі на вміст цих елементів, активність ензимів антиоксидантного захисту, концентрацію продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ), уміст і співвідношення жирних кислот у органах і тканинах коропів, а також вплив цих елементів на інтенсивність їх росту.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягала у з'ясуванні впливу різних концентрацій Купруму та Цинку у воді та комбікормі на активність антиоксидантних ензимів у тканинах і вміст у них цих важких металів, продуктів ПОЛ і різних форм жирних кислот, а також ріст коропів. У завдання роботи входили дослідження:

– вмісту Купруму й Цинку в зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів за різної концентрації цих металів у воді та комбікормі;

– активності антиоксидантних ензимів у зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів за різної концентрації Купруму й Цинку у воді та комбікормі;

– вмісту продуктів ПОЛ у зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів за різної концентрації Купруму й Цинку у воді та комбікормі;

– рівня неестерифікованих жирних кислот, аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів у зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів за різної концентрації Купруму й Цинку у воді та комбікормі;

– росту коропів за різної концентрації Купруму й Цинку у воді та комбікормі.

Об'єкт досліджень – інтенсивність пероксидних процесів та ріст коропів за дії різного рівня Купруму та Цинку.

Предмет досліджень – вміст Купруму, Цинку та різних форм жирних кислот органів і тканин, активність ензимів антиоксидантного захисту, рівень продуктів ПОЛ і маса тіла коропів за дії різного рівня Купруму та Цинку у воді та комбікормі.

Методи досліджень – біохімічні (спектрофотометричні, колориметричні, газохроматографічні), гідрохімічні (хімічний склад води), гідробіологічні (чисельність і біомаса зообентосу в ставах), рибоводні (ріст риб), статистичні (метод варіаційної статистики з використанням t-критерію Стьюдента).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше досліджено комплексний вплив Купруму та Цинку за різного їх вмісту у воді та комбікормі на жирнокислотний склад тканин, активність процесів ПОЛ і системи антиоксидантного захисту та зміни маси тіла коропів. З'ясовано органно-тканинні особливості розподілу Купруму та Цинку в організмі коропів, що залежать від їх концентрації у воді та комбікормі. Експериментальним шляхом встановлено, що Купрум і Цинк за їх одночасного надходження у різних дозах в організм коропів з води або аліментарним шляхом впливають на активність процесів пероксидного окиснення ліпідів та ензимну ланку системи антиоксидантного захисту. Доведено, що залежно від концентрації у воді та комбікормі, Купрум і Цинк впливають на вміст жирних кислот загальних ліпідів, неестерифікованих жирних кислот і аніонних форм жирних кислот у зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів. Визначено, що зміни активності ензимів антиоксидантного захисту, вмісту продуктів ПОЛ і різних форм жирних кислот у тканинах за різної концентрації Купруму та Цинку у воді та комбікормі супроводжуються змінами маси тіла коропів.

Практичне значення одержаних результатів. Експериментальні дослідження показали, що втрати маси тіла коропів під час перетримки зростають із збільшенням концентрації Купруму та Цинку у воді. Для підвищення приростів маси тіла та покращення біологічної цінності м'яса товарним коропам потрібно згодовувати стандартний комбікорм із доведенням вмісту Купруму в ньому до 8 г·10^{-3}/кг та Цинку до 100 г·10^{-3}/кг. Результати експериментальних досліджень упроваджено в господарстві Львівської дослідної станції Інституту рибного господарства НААН.

Особистий внесок здобувача. Здобувач самостійно проаналізувала наукову літературу, виконала експериментальну частину роботи, статистично опрацювала результати досліджень, підготувала статті до публікації, написала дисертаційну роботу. Разом із науковим керівником проаналізувала результати експериментальних досліджень, сформулювала висновки та пропозиції виробництву.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертаційної роботи оприлюднені на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях: «Молоді вчені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» (Львів, 2012); «Інноваційність розвитку сучасного аграрного виробництва» (Львів, 2013, 2014), «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України» (Львів–Оброшино, 2015); «Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології» (Одеса, 2016), «Інновації у ветеринарній медицині та аграрному виробництві» (Львів, 2016), «Актуальні проблеми сучасної біології, тваринництва та ветеринарної медицини» (Львів, 2016).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи й отримані результати досліджень опубліковані у 13 наукових працях (у тому числі 5 – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних), з них 9 статей у наукових фахових виданнях України (4 в науково-теоретичних журналах, 1 в науково-технічному бюлетені, 4 в наукових вісниках), 1 стаття у закордонному науковому виданні, 3 тези у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів і методів досліджень, результатів власних досліджень, аналізу й узагальнення результатів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаних джерел літератури. Основний зміст роботи викладено на 151 сторінці комп'ютерного тексту (основна частина – 111 сторінок), містить 29 таблиць, 1 рисунок, які займають 18 сторінок, 2 додатки. Список використаних джерел включає 353 найменування, із них 177 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Огляд літератури за темою дисертації. У чотирьох підрозділах огляду літератури наведені дані щодо біологічних особливостей коропів, ліпідів і жирних кислот у організмі риб, пероксидного окиснення ліпідів, антиоксидантних систем захисту, ролі Купруму та Цинку в життєдіяльності риб.

Матеріал і методи досліджень. Дисертаційна робота виконана на кафедрі водних біоресурсів та аквакультури Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Експериментальна частина роботи виконана в умовах Львівської дослідної станції Інституту рибного господарства НААН.

За темою дисертаційної роботи проведено два досліди. У першому досліді вивчали вплив Купруму та Цинку за різного їх вмісту у воді акваріума на вміст цих металів, активність ензимів антиоксидантної системи, вміст продуктів ПОЛ і різних форм жирних кислот у тканинах коропів та їх ріст. Перший дослід проведено на трьох групах (по чотири рибини в кожній) дволіток коропів середньою живою масою 320 г. Коропів без доступу поживних речовин упродовж 21 доби утримували в акваріумах з розрахунку 40 літрів води на одну особину. Коропів контрольної групи утримували у воді без добавок Купруму та Цинку (природний вміст відповідно 0,3 і 4,2 $г·10^{-3}$/л), а коропів І і ІІ дослідних груп – у воді з добавками сульфатів Купруму та Цинку з розрахунку відповідно 1 і 10 $г·10^{-3}$/л (І дослідна група) та 2 і 20 $г·10^{-3}$/л (ІІ дослідна група). На період проведення першого досліду загальноприйнятими методами контролювали хімічний склад води в акваріумах. Відстояну водопровідну воду без добавок солей та з їх добавками змінювали в акваріумах щодня.

Під час другого досліду вивчали вплив Купруму та Цинку за різного їх вмісту в комбікормі на вміст цих металів, активність ензимів антиоксидантної системи, вміст продуктів ПОЛ та різних форм жирних кислот у тканинах коропів та їх ріст. Другий дослід проведено на трьох групах (по тридцять рибин у кожній) дволіток коропів середньою живою масою 332 г. Коропів упродовж 45 днів утримували в ставах площею 0,04 га кожний. Коропи контрольної групи отримували стандартний гранульований комбікорм (К 111–3) без добавок Купруму та Цинку (природний вміст у комбікормі становив відповідно 4,5 і 48,6 $г·10^{-3}$/кг), а коропи І і ІІ дослідних груп – той же комбікорм, але з добавками сульфатів Купруму та Цинку з розрахунку відповідно 8 і 100 $г·10^{-3}$/кг (І дослідна група) та 16 і 200 $г·10^{-3}$/кг (ІІ дослідна група). Солі Купруму та Цинку додавали до комбікорму при гранулюванні. Натуральний комбікорм і комбікорм з добавками згодовували коропам щоденно о 8^{00} годині ранку з розрахунку 6 % маси їх тіла.

На період проведення другого досліду загальноприйнятими методами контролювали хімічний склад води, чисельність і біомасу зообентосу в ставах (Винберг Г. Г., Лаврентьева Г. М., 1983; Арсан О. М. зі співавт., 2006). Досліджували також жирнокислотний склад природних і штучних кормів дослідних ставів (Рівіс Й. Ф., Федорук Р. С., 2010).

Наприкінці першого та другого дослідів провели зважування досліджуваних коропів. Після забою чотирьох рибин із кожної групи для лабораторних досліджень були відібрані зразки зябер, печінки та скелетних м’язів, у яких визначали супероксиддисмутазну активність (КФ 1.15.1.1), глутатіонпероксидазну активність (КФ 1.11.1.9), каталазну активність (КФ 1.11.1.6) та концентрацію Купруму, Цинку, первинних і вторинних продуктів ПОЛ, неестерифікованих жирних кислот, аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів. Супероксиддисмутазну, глутатіонпероксидазну та каталазну активність та вміст первинних і вторинних продуктів ПОЛ у відібраних зразках визначали методами, описаними В.В. Влізло зі співавт. (2012).

Уміст Купруму та Цинку у відібраних зразках досліджуваного матеріалу визначали методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії (Прайс В., 1972), а неестерифікованих жирних кислот, аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів – газохроматографічним методом (Рівіс Й. Ф., Федорук Р. С., 2010).

Розділення метилових естерів жирних кислот проводили на хроматографі Chrom-5 (Laboratorni pristroje, Praha). Нержавіючу сталеву колонку довжиною 3700 мм і внутрішнім діаметром 3 мм заповнювали Chromaton-N-AW (розмір частинок 60–80 меш), силанізованим HMDS (гексаметилдисилазаном), покритим полідіетиленглікольадипінатом (нерухомою рідкою фазою) у кількості 10 %. Ідентифікацію піків на хроматограмі проводили методом розрахунку «Карбонових чисел» (Ackman R., 1969; Рівіс Й. Ф., 2010), а також із використанням хімічно чистих, стандартних розчинів метилових естерів жирних кислот. Уміст окремих жирних кислот, за результатами газохроматографічного аналізу, визначали за формулою, яка включає поправкові коефіцієнти для кожної із них (Рівіс Й. Ф. зі співавт., 1981; 1997; 2010).

Отримані результати досліджень опрацьовано методом варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента. Обчислювали середні арифметичні значення (M), похибки середніх значень (±m) та вірогідність різниці між середніми величинами (p). Різницю між двома середніми величинами вважали вірогідною за $p < 0,05$. Для математичної обробки даних використано стандартний пакет комп’ютерних статистичних програм Origin 6.0, Excel (Microsoft, USA).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Активність антиоксидантних ензимів, уміст Купруму, Цинку, первинних і вторинних продуктів пероксидного окиснення ліпідів, різних форм жирних кислот у тканинах і ріст коропів за різної концентрації цих важких металів у акваріумній воді. Виявлено, що у I дослідній групі, порівняно з контрольною групою, Купрум у коропів нагромаджувався у печінці та скелетних м’язах більшою мірою, ніж у зябрах ($p < 0,05$), а Цинк – у зябрах і скелетних м’язах у більшій кількості, ніж у печінці. У коропів II дослідної групи, порівняно до контролю, Купрум і Цинк акумулювався у всіх досліджуваних тканинах організму ($p < 0,05–0,001$). Але у коропів II дослідної групи Купрум нагромаджувався насамперед у зябрах, меншою мірою – у печінці та у скелетних м’язах, а Цинк – більшою мірою у зябрах і скелетних м’язах, ніж у печінці ($p < 0,05–0,001$).

Підвищення вмісту Купруму та Цинку в тканинах коропів приводило до зміни в них активності основних антиоксидантних ензимів (табл. 1). Зокрема, у зябрах коропів I дослідної групи підвищувалась супероксиддисмутазна, глутатіонпероксидазна та каталазна активність, у печінці та скелетних м’язах –

супероксиддисмутазна активність ($p < 0,05$). Можливо, за наведеної вище концентрації Купруму та Цинку у воді акваріума ці ензими активуються.

Таблиця 1

Активність антиоксидантних ензимів у зябрах коропів за різної концентрації Купруму та Цинку в акваріумній воді (M±m, n=4)

Ензими та одиниці виміру	Контроль	І дослідна група	ІІ дослідна група
Супероксиддисмутаза, ум.од./мг білка	2,32±0,055	2,57±0,055*	2,11±0,052*
Глутатіонпероксидаза, мкмоль відновленого глутатіону/100 мг білка/хв	12,80±0,462	14,37±0,291*	11,17±0,318*
Каталаза, ммоль/хв/мг білка	4,55±0,102	4,90±0,052*	4,19±0,049*

*Примітка. Тут і далі різниці вірогідні порівняно з контрольною групою: * – р<0,05; ** – р<0,01; *** – р<0,001.*

За концентрації Купруму та Цинку у воді акваріума відповідно 2 і 20 г·10^{-3}/л у зябрах і скелетних м’язах коропів, навпаки, знижувалась супероксиддисмутазна, глутатіонпероксидазна та каталазна активність ($p < 0,05$). При цьому в печінці коропів знижувалась супероксиддисмутазна та каталазна активність ($p < 0,05$). Очевидно, за високої концентрації Купруму та Цинку у воді акваріума в тканинах коропів пригнічується активність антиоксидантних ензимів.

За умов проведених дослідів відбувались зміни вмісту гідроперекисів ліпідів, дієнових кон’югатів й ТБК-активних продуктів у зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів (табл. 2). Зокрема, за концентрації Купруму та Цинку у воді відповідно 1 і 10 г·10^{-3}/л у зябрах коропів зменшувався вміст гідроперекисів ліпідів і ТБК-активних продуктів, а в печінці та скелетних м’язах – гідроперекисів ліпідів, дієнових кон’югатів і ТБК-активних продуктів ($p < 0,05–0,01$). За концентрації Купруму та Цинку у воді відповідно 2 і 20 г·10^{-3}/л у зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів зростав вміст гідроперекисів ліпідів ($p < 0,05–0,01$). Крім цього, в скелетних м’язах цих коропів підвищувався рівень ТБК-активних продуктів ($p < 0,05$).

Таблиця 2

Уміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів у зябрах коропів за різної концентрації Купруму та Цинку в акваріумній воді (M±m, n=4)

Продукти пероксидного окиснення ліпідів і одиниці виміру	Контроль	І дослідна група	ІІ дослідна група
Гідроперекиси ліпідів, E_{480}/г	6,23±0,115	5,59±0,191*	7,09±0,087**
Дієнові кон’югати, ммоль/кг тканини	112,93±4,535	96,87±3,753	128,67±3,875
ТБК-активні продукти, ммоль/г	5,60±0,174	4,92±0,155*	6,07±0,081

Зростання вмісту Купруму та Цинку в зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів зумовлювало зміну в них концентрації неестерифікованих жирних кислот, аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів (рис. 1).

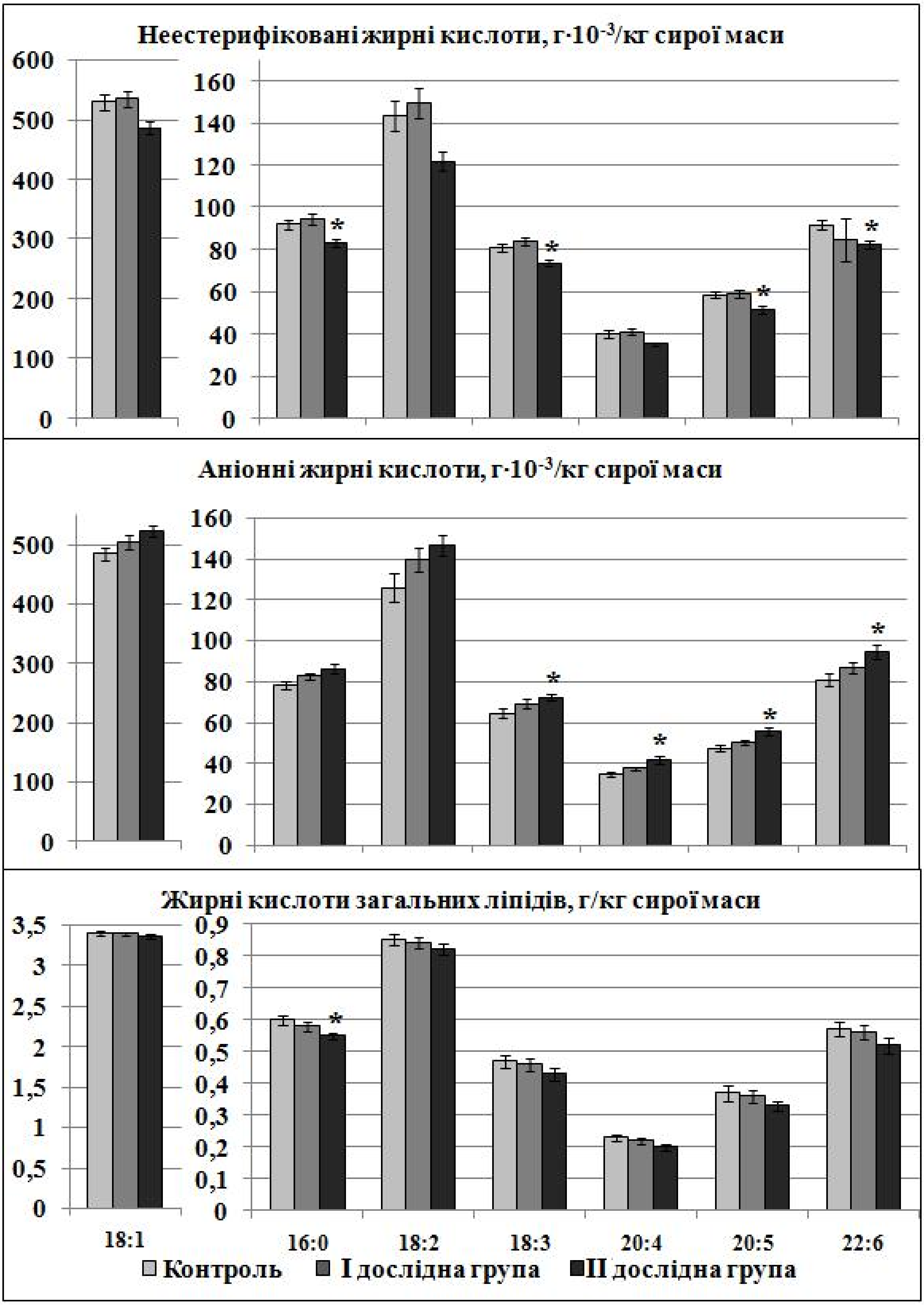

Рис. 1. **Уміст різних форм жирних кислот у зябрах коропів за різного вмісту Купруму та Цинку в акваріумній воді (M±m, n=4).**

Зокрема, за концентрації Купруму та Цинку у воді акваріума відповідно 1 і 10 г·10^{-3}/л у зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів відмічалась тенденція до зростання загального вмісту високоактивних у метаболічному відношенні неестерифікованих жирних кислот, а за концентрації відповідно 2 і 20 г·10^{-3}/л їх вміст зменшувався ($p < 0,05$). Зміни вмісту неестерифікованих жирних кислот у зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів відбувалися за рахунок насичених жирних кислот із парною і непарною кількістю атомів Карбону у ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω-7 і ω-9 та поліненасичених жирних кислот родин ω-3 і ω-6.

Високоактивні у метаболічному відношенні довголанцюгові неестерифіковані жирні кислоти (18 атомів Карбону і більше в ланцюгу) в тканинах риб здатні зв'язувати мінеральні елементи, утворюючи солі жирних кислот. Причому, солі жирних кислот із двохвалентними мінеральними елементами, до яких відносяться Купрум та Цинк, є важкорозчинними (Lewis R., 2007). Зі зростанням умісту Купруму та Цинку у воді акваріума в зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів з боку насичених жирних кислот з парною і непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω-7 і ω-9 і поліненасичених жирних кислот родин ω-3 і ω-6 підвищувалася загальна концентрація малоактивних у метаболічному відношенні аніонних жирних кислот ($p < 0,05–0,01$).

Наведені вище зміни вмісту неестерифікованих і аніонних жирних кислот у зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів впливали на концентрацію в них жирних кислот загальних ліпідів. Зокрема, виявлено, що із зростанням вмісту Купруму та Цинку у воді акваріума в зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів за рахунок насичених жирних кислот з парною кількістю атомів Карбону у ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родини ω-9 і поліненасичених жирних кислот родини ω-3 і ω-6 спостерігалась тенденція до зменшення загальної концентрації жирних кислот загальних ліпідів. При цьому зменшувалося відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω-3 до кількості поліненасичених жирних кислот родини ω-6 ($p < 0,05$). Одночасно знижувалася інтенсивність перетворення лінолевої та, особливо, ліноленової кислот загальних ліпідів у їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ($p < 0,05–0,01$).

Слід зазначити, що клітинні мембрани, маючи у своєму складі велику кількість більш довголанцюгових і ненасичених похідних лінолевої кислоти мають меншу проникність для розчинених у воді важких металів, ніж клітинні мембрани, які містять більш довголанцюгові та ненасичені похідні ліноленової кислоти. Очевидно, за рахунок наведеного вище механізму клітини тканин коропів, насамперед зябер, захищаються від надмірного надходження до них великої кількості розчинених у воді важких металів.

Зміни активності основних антиоксидантних ензимів і вмісту Купруму, Цинку, продуктів ПОЛ і різних форм жирних кислот у зябрах, печінці та скелетних м'язах приводили до зміни маси тіла коропів наприкінці досліду. Зокрема, за період досліду коропи контрольної групи втратили 3,90 % маси тіла

($p < 0,5$), а коропи I та II дослідних груп – відповідно 4,91 і 9,75% ($p < 0,05$). Отже, за високої концентрації Купруму та Цинку у воді акваріума коропи найбільш інтенсивно втрачають масу тіла.

Активність антиоксидантних ензимів, уміст Купруму, Цинку, первинних і вторинних продуктів пероксидного окиснення ліпідів, різних форм жирних кислот у тканинах і ріст коропів за різної концентрації цих важких металів у комбікормі. Виявлено, що у коропів I дослідної групи, порівняно з контрольною групою, Купрум нагромаджувався у зябрах більшою мірою ($p < 0,01$), ніж у печінці та скелетних м’язах ($p < 0,05$), а Цинк – однаковою мірою у зябрах, печінці та скелетних м’язах ($p < 0,05$). В організмі коропів II дослідної групи Купрум нагромаджувався у всіх тканинах організму коропів однаково ($p < 0,05$), а Цинк – найбільше в зябрах і печінці ($p < 0,01$) та меншою мірою – у скелетних м’язах ($p < 0,05$).

Зростання вмісту Купруму та Цинку у тканинах коропів приводило до зміни в них активності основних антиоксидантних ензимів. Зокрема, за концентрації Купруму та Цинку в комбікормі відповідно 8 і 100 $г \cdot 10^{-3}$/кг у зябрах коропів підвищувалася супероксиддисмутазна активність, а в печінці та скелетних м’язах – супероксиддисмутазна та глутатіонпероксидазна активність ($p < 0,05$–$0,01$). За концентрації Купруму та Цинку в комбікормі відповідно 16 і 200 $г \cdot 10^{-3}$/кг у зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів, навпаки, знижувалася супероксиддисмутазна та глутатіонпероксидазна активність, але підвищувалася каталазна активність ($p < 0,05$). Очевидно, за низької концентрації Купруму та Цинку у комбікормі активність основних антиоксидантних ензимів у тканинах коропів підвищується, а за високої – пригнічується.

Зміни вмісту Купруму та Цинку й активності антиоксидантних ензимів у зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів приводили до зміни в них вмісту первинних і вторинних продуктів пероксидного окиснення ліпідів. Зокрема, за концентрації Купруму та Цинку в комбікормі відповідно 8 і 100 $г \cdot 10^{-3}$/кг у зябрах коропів зменшувався вміст гідроперекисів ліпідів, дієнових кон’югатів і ТБК-активних продуктів, а в печінці та скелетних м’язах– гідроперекисів ліпідів і ТБК-активних продуктів ($p < 0,05$–$0,01$). За концентрації Купруму та Цинку в комбікормі відповідно 16 і 200 $г \cdot 10^{-3}$/кг у зябрах коропів зростав вміст гідроперекисів ліпідів і ТБК-активних продуктів, а в печінці та скелетних м’язах – гідроперекисів ліпідів, дієнових кон’югатів і ТБК-активних продуктів ($p < 0,05$).

Зростання вмісту Купруму та Цинку в зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів приводило до зміни в них концентрації неестерифікованих жирних кислот, аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів (рис. 2).

Зокрема, за концентрації Купруму та Цинку в комбікормі відповідно 8 і 100 $г \cdot 10^{-3}$/кг у зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів за рахунок мононенасичених жирних кислот родин ω-7 і ω-9 і поліненасичених жирних кислот родин ω-3 і ω-6 спостерігалася тенденція до зростання загального вмісту високоактивних у метаболічному відношенні неестерифікованих жирних кислот. Одночасно в зябрах цих коропів підвищувалася інтенсивність перетворень неестерифікованих лінолевої та ліноленової кислот у їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ($p < 0,05–0,01$). Очевидно, проявлявся вплив Цинку на ці процеси, оскільки відомо, що Цинк активує Δ^3-, Δ^4-, Δ^5- і Δ^6-десатурази. Останні сприяють утворенню більш ненасичених жирних кислот із відповідних мононенасичених і поліненасичених жирних кислот.

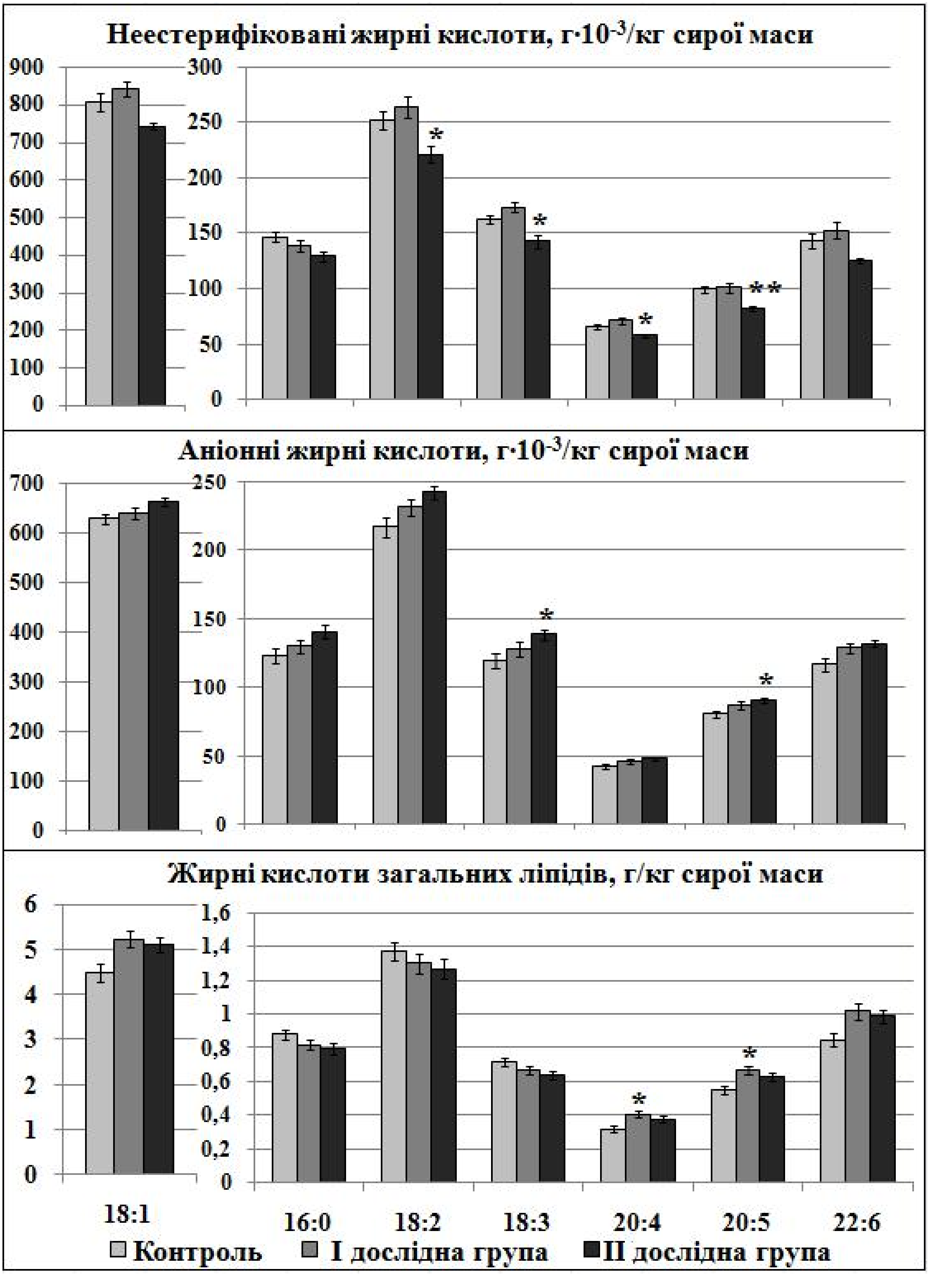

Рис. 2. **Уміст різних форм жирних кислот у скелетних м’язах коропів за різного вмісту Купруму та Цинку в комбікормі (M±m, n=4).**

У тканинах зябер, печінки та скелетних м’язів цих коропів відмічалася тенденція до зменшення загального вмісту неестерифікованих насичених жирних кислот із парною та непарною кількістю атомів Карбону у ланцюгу. При цьому в їх зябрах, печінці та скелетних м’язах підвищувалася інтенсивність десатурації неестерифікованих міристинової, пальмітинової, стеаринової та арахінової кислот до відповідних мононенасичених похідних – міристоолеїнової, пальмітоолеїнової, олеїнової та ейкозаєнової ($p < 0,05–0,01$). Очевидно виявлявся вплив Купруму на цей процес. Відомо, що Купрум активує Δ^9-десатуразу. Остання сприяє утворенню мононенасичених жирних кислот із відповідних насичених.

За концентрації Купруму та Цинку в комбікормі відповідно 16 і 200 $г \cdot 10^{-3}$/кг у зябрах, печінці й скелетних м’язах коропів з боку насичених жирних кислот з парною і непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω-7 і ω-9 та поліненасичених жирних кислот родин ω-3 і ω-6 зменшувався загальний вміст неестерифікованих жирних кислот ($p < 0,05–0,01$). При цьому спостерігалася тенденція до зменшення відношення вмісту неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини ω-3 до кількості неестерифікованих поліненасичених жирних кислот родини ω-6. Одночасно підвищувалася ефективність перетворення неестерифікованої лінолевої кислоти в її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ($p < 0,01$).

Зі зростанням умісту Купруму та Цинку в комбікормі у зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів з боку насичених жирних кислот з парною і непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω-7 і ω-9 та поліненасичених жирних кислот родин ω-3 і ω-6 збільшувалася загальна концентрація аніонних жирних кислот ($p < 0,05–0,01$). При цьому спостерігалася тенденція до зменшення відношення аніонних поліненасичених жирних кислот родини ω-3 до аніонних поліненасичених жирних кислот родини ω-6.

Наведені вище зміни вмісту неестерифікованих і аніонних жирних кислот у зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів впливали на концентрацію в них жирних кислот загальних ліпідів. Зокрема, виявлено, що зі збільшенням концентрації Купруму та Цинку в комбікормі в зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів за рахунок мононенасичених жирних кислот родин ω-7 і ω-9 та поліненасичених жирних кислот родини ω-3 і ω-6 зростав вміст жирних кислот загальних ліпідів ($p < 0,05–0,01$).

Зі збільшенням концентрації Купруму та Цинку в комбікормі в скелетних м’язах і, особливо, печінці та зябрах коропів зростав вміст продуктів десатурації міристинової, пальмітинової, стеаринової та арахінової кислот, а також більш довголанцюгових і більш ненасичених похідних лінолевої та ліноленової кислот ($p < 0,05–0,01$).

Наведені вище зміни жирнокислотного складу тканин коропів, очевидно, приводили до збільшення проникності клітинних мембран тканин скелетних м’язів і, особливо, печінки та зябер для активованих і неактивованих метаболітів. Клітинні мембрани тканин риб, маючи у своєму складі більшу кількість продуктів десатурації міристинової, пальмітинової, стеаринової і арахінової кислот, а також більш довголанцюгових і більш ненасичених похідних лінолевої та ліноленової кислот, мають більш виражену проникність для активованих і неактивованих метаболітів, ніж клітинні мембрани, які містять велику кількість насичених жирних кислот.

Зміна активності основних антиоксидантних ензимів і вмісту Купруму, Цинку, продуктів пероксидного окиснення ліпідів і різних форм жирних кислот у тканинах приводили до зміни маси тіла коропів наприкінці досліду (табл. 3). Зокрема, за період досліду маса тіла коропів контрольної групи збільшилася в 1,65 разу, а коропів I та II дослідних груп – відповідно в 1,94 і 1,70 разу. Наведене вище свідчить про те, що за високої концентрації важких металів, зокрема Купруму та Цинку, у комбікормі ріст коропів пригнічується.

Таблиця 3

Маса тіла дволіток коропів за різної концентрації Купруму та Цинку в комбікормі, г (M±m, n=10)

Контроль	I дослідна група	II дослідна група
На початку досліду		
332,2±1,77	332,5±1,51	332,3±1,92
В кінці досліду (45 днів)		
548,0±2,94	645,0±2,94***	564,8±3,53

Розрахунки показують, що вводити солі Купруму та Цинку в оптимальній кількості до гранульованого комбікорму для товарних коропів економічно вигідно. Так, на 1 гривню затрат, пов’язаних із закупівлею солей Купруму і Цинку та введенням їх у оптимальних кількостях до комбікорму перед гранулюванням, отримано 2 гривні прибутку, завдяки вищому приросту маси тіла товарних коропів. Крім цього, за рахунок введення солей Купруму та Цинку до комбікорму отримано м’ясо коропів із вищою біологічною цінністю за рахунок вищого вмісту незамінних поліненасичених жирних кислот родин ω-3 і ω-6.

ВИСНОВКИ

У дисертації експериментально розв’язано наукове завдання щодо впливу різної кількості Купруму та Цинку у воді та комбікормі на активність ензимів антиоксидантного захисту і вміст цих елементів, продуктів пероксидного окиснення ліпідів і різних форм жирних кислот у зябрах, печінці та скелетних м’язах, а також ріст коропів.

1. За концентрації Купруму та Цинку у воді акваріума відповідно 1 і 10 г·10^{-3}/л Купрум у коропів нагромаджувався у печінці та скелетних м’язах більшою мірою, ніж у зябрах, а Цинк – у зябрах і скелетних м’язах у більшій кількості, ніж у печінці ($p < 0,05$). За концентрації у воді акваріума відповідно 2 і 20 г·10^{-3}/л Купрум і Цинк нагромаджувалися у всіх досліджуваних тканинах організму коропів ($p < 0,05$–$0,001$).

2. За концентрації Купруму та Цинку у воді акваріума відповідно 1 і

10 г·10^{-3}/л у зябрах коропів порівняно до контролю вірогідно підвищувалася супероксиддисмутазна (на 10,78 %), глутатіонпероксидазна (на 12,27 %) та каталазна (на 7,69 %) активність, у печінці й скелетних м'язах – супероксиддисмутазна активність (відповідно на 7,02 та 11,11 %). При цьому в зябрах коропів порівняно до контролю вірогідно зменшувався вміст гідроперекисів ліпідів (на 10,27 %) і ТБК-активних продуктів (на 12,14 %), а в печінці та скелетних м'язах – гідроперекисів ліпідів (відповідно на 4,76 та 4,86 %), дієнових кон'югатів (відповідно на 10,75 та 7,81 %) і ТБК-активних продуктів (відповідно на 6,46 та 5,41 %). За концентрації Купруму та Цинку у воді акваріума відповідно 2 і 20 г·10^{-3}/л у зябрах і скелетних м'язах коропів порівняно до контролю, навпаки, знижувалася ($p<0,05$) супероксиддисмутазна активність (відповідно на 9,05 та 9,78 %), глутатіонпероксидазна активність (відповідно на 12,73 та 7,34 %) та каталазна активність (відповідно на 7,91 та 6,33 %). При цьому в печінці коропів знижувалася ($p < 0,05$) супероксиддисмутазна (на 8,26 %) та каталазна (на 6,12 %) активність. Одночасно в зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів зростав ($p < 0,05$–$0,01$) вміст гідроперекисів ліпідів (відповідно на 13,8; 3,9 та 5,14 %). Крім цього, в скелетних м'язах цих коропів на 5,41 % в порівнянні до контролю підвищувався рівень ТБК-активних продуктів ($p < 0,05$).

3. Зі збільшенням концентрації Купруму та Цинку у воді акваріума в зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів з боку насичених жирних кислот з парною і непарною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω-7 і ω-9 та поліненасичених жирних кислот родин ω-3 і ω-6 зменшувався вміст неестерифікованих жирних кислот, але зростав – аніонних ($p < 0,1$–$0,01$).

4. Зі зростанням умісту Купруму та Цинку у воді акваріума в зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів з боку насичених жирних кислот з парною кількістю атомів Карбону в ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родини ω-9 та поліненасичених жирних кислот родини ω-3 і ω-6 зменшувалася концентрація жирних кислот загальних ліпідів ($p < 0,05$–$0,01$). При цьому зменшувалося відношення вмісту поліненасичених жирних кислот родини ω-3 до поліненасичених жирних кислот родини ω-6 ($p < 0,05$–$0,01$). Одночасно знижувалася інтенсивність перетворень лінолевої кислоти загальних ліпідів у її більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ($p < 0,05$–$0,01$).

5. За концентрації Купруму та Цинку в комбікормі відповідно 8 і 100 г·10^{-3}/кг Купрум у коропів нагромаджувався в зябрах більшою мірою, ніж у печінці та скелетних м'язах, а Цинк – однаковою мірою у зябрах, печінці та скелетних м'язах ($p < 0,05$–$0,01$). За вмісту в комбікормі відповідно 16 і 200 г·10^{-3}/кг Купрум нагромаджувався у всіх тканинах організму коропів однаково ($p < 0,05$), а Цинк – більшою мірою в зябрах і печінці, ніж у скелетних м'язах ($p < 0,05$–$0,01$).

6. За концентрації Купруму та Цинку в комбікормі відповідно 8 і 100 г·10^{-3}/кг у зябрах коропів в порівнянні до контролю підвищувалася ($p <$ $0,05$–$0,01$) супероксиддисмутазна (на 11,20 %), а в печінці та скелетних м'язах –

супероксиддисмутазна (відповідно на 10,61 та 13,02 %) та глутатіонпероксидазна (відповідно на 13,64 та 2,94 %) активність. При цьому в зябрах коропів вірогідно зменшувався вміст гідроперекисів ліпідів (на 8,58 %), дієнових кон'югатів (на 7,54 %) і ТБК-активних продуктів (на 8,52 %), а в печінці та скелетних м'язах – гідроперекисів ліпідів (відповідно на 7,03 та 8,86 %) і ТБК-активних продуктів (відповідно на 8,04 та 4,02 %). За концентрації Купруму та Цинку в комбікормі відповідно 16 і 200 г·10^{-3}/кг у комбікормі в зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів в порівнянні до контролю вірогідно знижувалася супероксиддисмутазна (відповідно на 10,42; 11,36 та 12,09 %) та глутатіонпероксидазна (відповідно на 15,63; 6,93 та 2,79 %) активність, але підвищувалася ($p < 0,05$) каталазна активність (відповідно на 7,20; 6,06 та 5,09 %). Одночасно в зябрах коропів зростав ($p < 0,05$) вміст гідроперекисів ліпідів (на 5,77 %) і ТБК-активних продуктів (на 5,45 %), а в печінці та скелетних м'язах – гідроперекисів ліпідів (відповідно на 4,29 та 5,16 %), дієнових кон'югатів (відповідно на 6,78 та 5,54 %) і ТБК-активних продуктів (відповідно на 14,87 та 4,33 %).

7. Зі збільшенням концентрації Купруму та Цинку в комбікормі у зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів за рахунок насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот зменшувався вміст неестерифікованих жирних кислот, але зростав – аніонних ($p < 0,05–0,01$). На цьому тлі в їх зябрах, печінці та скелетних м'язах із боку мононенасичених і поліненасичених жирних кислот менш виражено підвищувався рівень жирних кислот загальних ліпідів ($p < 0,1–0,05$).

8. Зі збільшенням концентрації Купруму та Цинку в комбікормі у зябрах, печінці та скелетних м'язах коропів у складі неестерифікованих жирних кислот і, особливо, жирних кислот загальних ліпідів зростала інтенсивність десатурації міристинової, пальмітинової, стеаринової та арахінової кислот до відповідних мононенасичених жирних кислот і ефективність перетворень лінолевої та ліноленової кислот у їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ($p < 0,01–0,001$).

9. Коропи, яких упродовж 21 доби утримували у воді акваріума з природним вмістом Купруму та Цинку (відповідно 0,3 і 4,2 г·10^{-3}/л), втрачали 3,90 % живої маси. Коропи, які перебували у воді акваріума з концентрацією Купруму та Цинку відповідно 1 і 10 г·10^{-3}/л та 2 і 20 г·10^{-3}/л, втрачали 4,91 % і 9,75 % живої маси ($p<0,05$). Жива маса коропів, які впродовж 45 днів одержували гранульований комбікорм із природним умістом Купруму та Цинку (4,5 і 48,6 г·10^{-3}/кг), збільшувалася в 1,65 разу. У коропів, які отримували у складі гранульованого комбікорму відповідно 8 і 100 г·10^{-3}/кг Купруму та Цинку, збільшувалася жива маса в 1,94 разу. Коропи, яким у складі гранульованого комбікорму згодовували відповідно 16 і 200 г·10^{-3}/кг Купруму та Цинку, збільшували свою живу масу в 1,70 разу. Вводити солі Купруму та Цинку в оптимальних кількостях до гранульованого комбікорму для товарних коропів економічно вигідно.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

З метою зменшення втрат маси тіла коропів під час утримання вміст Купруму та Цинку у воді не має перевищувати відповідно 1 і 10 г·10^{-3}/л.

Для підвищення продуктивності та біологічної цінності м’яса товарним коропам слід згодовувати стандартний гранульований комбікорм із доведенням умісту Купруму у ньому до 8 г·10^{-3}/кг та Цинку до 100 г·10^{-3}/кг.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Янович Н. Є.** Активність антиоксидантних ензимів у тканинах коропів за різної концентрації міді та цинку у воді / Н. Є. Янович // Науково-технічний бюлетень ІБТ та ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок. — 2013. — Вип. 14, № 1–2. — С. 63—66.

2. **Янович Н. Є.** Вплив різної концентрації міді та цинку у воді на жирнокислотний склад печінки коропів / Н. Є. Янович // Рибогосподарська наука України. — 2013. — № 1. — С. 50—57.

3. **Янович Н. Є.** Обмінні процеси жирних кислот у зябрах і ріст коропів за різного рівня цинку та міді в комбікормі / Н. Є. Янович // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Ґжицького. — 2013. — Т. 15, № 3 (57), ч. 2. — С. 342—348.

4. **Янович Н. Є.** Жирнокислотний склад скелетних м’язів і ріст коропів за різної концентрації міді та цинку у воді / Н. Є. Янович // Рибогосподарська наука України. — 2013. — № 2. — С. 70—75.

5. **Янович Н. Є.** Роль мікроелементів у життєдіяльності ставкових риб / Н. Є. Янович, Д. О. Янович // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Ґжицького. — 2014. — Т. 16, № 2 (59), ч. 2. — С. 345—372. *(Дисертантка провела аналіз, систематизацію та узагальнення даних літератури, написала статтю).*

6. Рівіс Й. Ф. Обмін жирних кислот у печінці та ріст коропів за різного рівня цинку і міді в комбікормі / Й. Ф. Рівіс, **Н. Є. Янович** // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Ґжицького. — 2014. — Т. 16, № 3 (60), ч. 2. — С. 264—273. *(Дисертантка провела експериментальні дослідження, статистично опрацювала отримані дані, написала статтю).*

7. Рівіс Й. Ф. Вміст аніонних жирних кислот у зябрах коропів за різної концентрації міді та цинку у воді / Й. Ф. Рівіс, **Н. Є. Янович** // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Ґжицького. — 2016. — Т. 18, № 2 (67). — С. 225—229. *(Дисертантка провела експериментальні дослідження, статистично опрацювала отримані дані, написала статтю).*

8. **Yanovych N. E.** Activity of antioxidant system and growth intensity in common carp after feeding diet with different contents of copper and zinc / N. E. Yanovych, Y. F. Rivis // Біологія тварин. — 2016. — Т. 8, № 2. — С. 160—165. *(Дисертантка провела експериментальні дослідження, статистично опрацювала отримані дані, написала статтю).*

9. Rivis Y. F. Peculiarities of non-etherified fatty acids content in carp gills at different concentration of copper and zinc in the water / Y. F. Rivis, **N. E. Yanovych** // Біологія тварин. — 2017. — Т. 19, № 1. — С. 93—99. *(Дисертантка провела*

експериментальні дослідження, статистично опрацювала отримані дані, написала статтю).

10. Rivis Y. Fatty acids metabolism in skeletal muscles and growth rate in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after feeding diet with varied copper and zinc concentrations / Y. Rivis, **N. Yanovych** // Acta Sci. Pol. Zootechnica. — 2017. — Vol. 16 (1). — P. 23—30. *(Дисертантка провела експериментальні дослідження, статистично опрацювала отримані дані, написала статтю).*

11. **Янович Н. Є.** Жирні кислоти у зябрах і ріст коропів за різного рівня цинку та міді в комбікормі / Н. Є. Янович // Актуальні проблеми агропромислового виробництва України : Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених : матер. — Львів–Оброшино, 2015. — С. 67—68.

12. **Янович Н. Є.** Вплив Купруму та Цинку на жирнокислотний склад тканин та ріст коропів / Н. Є. Янович // Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології : IX Міжнар. іхтіологічна наук.-практ. конф. : матер. — Одеса : ТЕС, 2016. — С. 307—310.

13. **Янович Н. Є.** Вміст жирних кислот загальних ліпідів у зябрах коропа за різного вмісту Міді та Цинку у воді / Н. Є. Янович, Й. Ф. Рівіс // Актуальні проблеми сучасної біології, тваринництва та ветеринарної медицини : Міжнар. наук.-практ. конф., Львів, 29-30 вер. 2016 р. : матер. — Львів, 2016. — С. 208. (Біологія тварин ; Т. 18, № 3). *(Дисертантка провела експериментальні дослідження, статистично опрацювала отримані дані, написала тези).*

АНОТАЦІЯ

Янович Н. Є. Пероксидні процеси та склад жирних кислот у тканинах коропів за різного рівня Купруму і Цинку у воді та комбікормі. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 03.00.04 – біохімія. Інститут біології тварин НААН, Львів, 2017.

Досліджено активність основних антиоксидантних ензимів (супероксиддисмутази, глутатіонпероксидази та каталази), вміст Купруму та Цинку, первинних і вторинних продуктів пероксидного окиснення ліпідів, неестерифікованих жирних кислот, аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів у зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів за концентрації у воді Купруму 1 і 2 г·10^{-3}/л та Цинку 10 і 20 г·10^{-3}/л, і вмісту в комбікормі Купруму 8 і 16 г·10^{-3}/кг та Цинку – 100 і 200 г·10^{-3}/кг.

З’ясовано, що із збільшенням концентрації Купруму та Цинку в комбікормі в зябрах, печінці та скелетних м’язах коропів підвищується ефективність перетворень лінолевої та ліноленової кислот загальних ліпідів у їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні. Одночасно в наведених вище тканинах коропів зростає вміст жирних кислот загальних ліпідів.

Зафіксовано, що із збільшенням концентрації Купруму у воді до 1 і 2 г·10^{-3}/л та Цинку до 10 і 20 г·10^{-3}/л коропи інтенсивніше втрачають масу тіла. Маса тіла коропів збільшується тільки за концентрації Купруму та Цинку в комбікормі відповідно 8 і 100 г·10^{-3}/кг .

Ключові слова: коропи, концентрація Купруму та Цинку у воді та комбікормі, антиоксидантні ензими, продукти пероксидації ліпідів, жирні кислоти, маса тіла.

АННОТАЦИЯ

Янович Н. Е. Пероксидные процессы и состав жирных кислот в тканях карпов при разном уровне Купрума и Цинка в воде и комбикорме. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельськохозяйственных наук по специальности 03.00.04 – биохимия. Институт биологии животных НААН, Львов, 2017.

Исследована активность основных антиоксидантных энзимов (супероксиддисмутазы, глутатионпероксидазы и каталазы), а также содержание Купрума и Цинка, первичных и вторичных продуктов пероксидного окисления липидов, неэстерифицированных жирных кислот, анионных жирных кислот и жирных кислот общих липидов в жабрах, печени и скелетных мышцах карпов при концентрации в воде Купрума 1 и 2 г·10^{-3}/л и Цинка 10 и 20 г·10^{-3}/л, и содержании в комбикорме Купрума 8 и 16 г·10^{-3}/кг и Цинка 100 и 200 г·10^{-3}/кг.

Установлено, что при концентрации Купрума и Цинка в воде аквариума соответственно 1 и 10 г·10^{-3}/л в жабрах карпов уменьшается содержание гидропероксидов липидов и ТБК-активных продуктов, а в печени и скелетных мышцах – гидропероксидов липидов, диеновых коньюгатов и ТБК-активных продуктов. При концентрации Купрума и Цинка в воде аквариума соответственно 2 и 20 г·10^{-3}/л в жабрах, печени и скелетных мышцах карпов возрастает содержание гидропероксидов липидов. Кроме того, в скелетных мышцах карпов повышается уровень ТБК-активных продуктов.

С увеличением концентрации Купрума и Цинка в воде аквариума в жабрах, печени и скелетних мышцах карпов со стороны насыщенных жирных кислот с четным и нечетным количеством атомов Карбона в цепи, мононенасыщенных жирных кислот семейств ω-7 и ω-9 и полиненасыщенных жирных кислот семейств ω-3 и ω-6 уменьшается содержание неэстерифицированных жирных кислот, но возрастает – анионных. При таких условиях в жабрах, печени и скелетних мышцах карпов со стороны насыщенных жирных кислот с четным количеством атомов Карбона в цепи, мононенасыщенных жирных кислот семейства ω-9 и полиненасыщенных жирных кислот семейств ω-3 и ω-6 уменьшается концентрация жирных кислот общих липидов. При этом уменьшается отношение полиненасыщенных жирных кислот семейства ω-3 к полиненасыщенным жирным кислотам семейства ω-6. Одновременно снижается интенсивность преобразования линолевой кислоты общих липидов в ее более длинноцепочные и более ненасыщенные производные.

При концентрации Купрума и Цинка в комбикорме соответственно 8 и 100 г·10^{-3}/кг в жабрах карпов уменьшается содержание гидропероксидов липидов, диеновых коньюгатов и ТБК-активных продуктов, а в печени и скелетных мышцах – гидропероксидов липидов и ТБК-активных продуктов. При концентрации Купрума и Цинка в комбикорме соответственно 16 и 200 г·10^{-3}/кг в жабрах карпов возрастает содержание гидропероксидов липидов и ТБК-активных продуктов, а в печени и скелетных мышцах – гидропероксидов липидов, диеновых коньюгатов и ТБК-активных продуктов.

С увеличением концентрации Купрума и Цинка в комбикорме соответственно до 16 и 200 г·10^{-3}/кг в жабрах, печени и скелетных мышцах карпов за счет насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот уменьшается содержание неэстерифицированных жирных кислот, но возрастает – анионных. На этом фоне в их жабрах, печени и скелетных мышцах со стороны мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот менее выражено повышается уровень жирных кислот общих липидов. С увеличением концентрации Купрума и Цинка в комбикорме в жабрах, печени и скелетных мышцах карпов в составе неэстерифицированных жирных кислот и, особенно, жирных кислот общих липидов возрастает интенсивность десатурации миристиновой, пальмитиновой, стеариновой и арахиновой кислот до соответствующих мононенасыщенных жирных кислот и эффективность преобразований линолевой и линоленовой кислот в их более длинноцепочные и более ненасыщенные производные.

Зафиксировано, что карпы, которые на протяжении 21 дня содержались в воде аквариума с природным содержанием Купрума и Цинка, теряют 3,90 % массы тела, карпы, находящиеся в воде аквариума с концентрацией Купрума и Цинка соответственно 1 и 10 г·10^{-3}/л, – 4,91 % массы тела, а карпы, находящиеся в воде аквариума с концентрацией Купрума и Цинка соответственно 2 и 20 г·10^{-3}/л, – 9,75 % массы тела. Карпы, которые на протяжении 45 дней получали гранулированный комбикорм с природным содержанием Купрума и Цинка, увеличивали свою живую массу в 1,65 раза, карпы, которые получали в составе гранулированного комбикорма соответственно 8 и 100 г·10^{-3}/кг Купрума и Цинка, – в 1,94 раза и карпы, которые получали в составе гранулированного комбикорма соответственно 16 и 200 г·10^{-3}/кг Купрума и Цинка, – в 1,70 раз.

Ключевые слова: карпы, концентрация Купрума и Цинка в воде и комбикорме, антиоксидантные ензимы, продукты пероксидации липидов, жирные кислоты, масса тела.

SUMMARY

Yanovych N. E. Peroxidation processes and fatty acids composition of common carp tissues at different concentration of Copper and Zinc in the water and diet.– Manuscript.

Thesis for the scientific degree of candidate of agriculture sciences, specialty 03.00.04 – biochemistry. Institute of Animal Biology NAAS, Lviv, 2017.

The activity of main antioxidant enzymes (superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase), concentration of Copper and Zinc, primary and secondary lipid peroxidation products, non-esterified fatty acids, anionic fatty acids and fatty acids of total lipids in the gills, liver and skeletal muscles of carp under influence of Copper concentration in the water 1 and 2 g·10^{-3}/l and Zinc concentration in the water

10 and 20 g·10^{-3}/l and Copper content in the diet 8 and 16 g·10^{-3}/kg and Zinc content in the diet 100 and 200 g·10^{-3} /l were investigated.

It was established, that when increasing of Copper and Zinc concentration in the diet, in the gills, liver and skeletal muscles the efficiency transformation of linoleic and linolenic acids of total lipids to their more unsaturated and elongated derivatives is increasing. At the same time, in mentioned above tissues of carp concentration of fatty acids of total lipids is increasing.

It was mentioned, that after increasing of Copper and Zinc concentration in the water, carps looses their bodyweight more intensively. Carp bodyweight increases the most at Copper and Zinc content in diet 8 and 100 g·10^{-3}/kg respectively.

Key words: common carp, concentrations of Copper and Zinc in the water and diet, antioxidant enzymes, lipid peroxidation products, fatty acids, body weight.