

УДК 639.3:577.1

Янович Н.Є., асистент ©

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького***ОБМІННІ ПРОЦЕСИ ЖИРНИХ КИСЛОТ У ЗЯБРАХ І РІСТ КОРОПІВ ЗА РІЗНОГО РІВНЯ ЦИНКУ ТА МІДІ У КОМБІКОРМІ**

*Із збільшенням концентрації цинку та міді в комбікормі зростає вміст наведених вище металів у зябрах коропів. При цьому в їх зябрах зростає вміст аніонних жирних кислот. Одночасно в них менш виражено підвищується рівень жирних кислот загальних ліпідів. Із збільшенням концентрації цинку та міді в комбікормі в зябрах коропів у складі жирних кислот загальних ліпідів зростає інтенсивність десатурації міристинової, пальмітинової, стеаринової та арахінової кислот до відповідних мононенасичених жирних кислот та ефективність перетворень лінолевої та ліноленової кислот в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні. При цьому підвищується ріст коропів.*

**Ключові слова:** *коропи, зябра, цинк, мідь, жирні кислоти.*

**Вступ.** У результаті техногенної діяльності людини рибоводні ставки можуть містити підвищені кількості важких металів [1,2]. Останні залежно від виду металу, валентності та концентрації впливають на перебіг обмінних процесів в організмі ставкових риб [3-5]. Насамперед вони входять в склад багатьох ензимів [6]. Зокрема, цинк входить у склад такого антиоксидантного ензиму, як супероксиддисмутаза [7]. Від цинку залежить активність  $\Delta^3$ -,  $\Delta^4$ -,  $\Delta^5$ - і  $\Delta^6$ -десатураз [8]. Від міді залежить активність  $\Delta^9$ - десатурази [9]. Останні причетні до метаболізму жирних кислот в організмі риб. Крім того, важкі метали, насамперед двовалентні (цинк, мідь, свинець, кадмій і т.д.), здатні утворювати з жирними кислотами солі (мила). Разом з тим, у літературі обмаль даних щодо впливу окремих важких металів на вміст жирних кислот у тканинах і ріст прісноводних видів риб.

Метою нашої роботи було дослідити вміст аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів у зябрах та ріст коропів за різної концентрації міді та цинку в комбікормі.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослід проведено на трьох групах (по тридцять рибин в кожній) дворічок коропів середньою живою масою 332 г. Коропів впродовж 45 днів утримували в ставках площею 0,04 га кожний. Коропи контрольної групи отримували стандартний гранульований комбікорм (К 111-3/4) без добавок міді та цинку, а коропи I та II дослідних груп – той же комбікорм, але з добавками сульфатів міді та цинку. Причому, концентрацію міді та цинку в комбікормі для коропів I дослідної групи доводили до однієї гранично допустимої концентрації (відповідно до 8 і 100 г<sup>-3</sup>/кг), а для II

дослідної групи – двох гранично допустимих концентрацій (відповідно до 16 і 200 г<sup>-3</sup>/кг). Солі міді та цинку додавали до комбікорму при гранулюванні. Натуральний комбікорм і комбікорм з добавками згодовували коропам щоденно о 8<sup>00</sup> годині ранку з розрахунку 6% від маси їх тіла.

У кінці досліду провели зважування піддослідних коропів. Після забою для лабораторних досліджень відбирали зразки зябер. У відібраних зразках зябер визначали концентрацію міді, цинку аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів.

Концентрацію міді та цинку у відібраних зразках зябер визначали загальноприйнятим спектрофотометричним методом [10]. Вміст аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів у зразках зябер визначали загальноприйнятим газохроматографічним методом [11].

Розділення метилових ефірів жирних кислот проводили на хроматографі «Chrom-5» («Laboratorni pristroje», Praha). Нержавіючу стальну колонку довжиною 3700 мм і внутрішнім діаметром 3 мм заповняли Chromaton-N-AW, розміром частинок 60 – 80 меш, силанізованим HMDS (гексаметилдисілізаном), покритим полідіетиленглікольадипінатом (нерухомою рідкою фазою) у кількості 10 %. Розрахунок вмісту окремих жирних кислот, за результатами газохроматографічного аналізу – хроматограмах – проводили за формулою, яка включає поправкові коефіцієнти для кожної із них.

Отримані результати досліджень оброблено математично. Вираховували середні величини (M), помилку середніх величин ( $\pm m$ ) та вірогідність різниці між двома середніми величинами (p). Різницю між двома середніми величинами вважали вірогідною за  $p < 0,05$ . Для розрахунків використали комп'ютерну програму Origin 6.0, Excel (Microsoft, USA).

**Результати досліджень.** Встановлено, що за однієї та двох граничних концентрацій цинку в комбікормі, порівняно з природним вмістом, його кількість у зябрах складає відповідно  $271,10 \pm 5,52$  ( $p < 0,05$ ) і  $279,73 \pm 5,49$  ( $p < 0,01$ ) проти  $233,97 \pm 6,01$  г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси. За однієї та двох граничних концентрацій міді в комбікормі, порівняно з природним вмістом, її кількість у зябрах складає відповідно  $1,42 \pm 0,09$  ( $p < 0,01$ ) і  $1,54 \pm 0,10$  ( $p < 0,05$ ) проти  $0,99 \pm 0,15$  г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси.

Високоактивні у метаболічному відношенні довголанцюгові неестерифіковані жирні кислоти (18 і більше атомів вуглецю в ланцюгу) в тканинах риб здатні зв'язувати мінеральні елементи, утворюючи мила жирних кислот. Причому, мила жирних кислот з двохвалентними мінеральними елементами, до яких відносяться мідь та цинк, є важкорозчинними. Нами встановлено, що із зростанням вмісту міді та цинку в комбікормі у зябрах коропів, порівняно з коропами контрольної групи, збільшується загальна концентрація аніонних жирних кислот (табл. 1). З наведеної вище таблиці видно, що збільшення загальної концентрації аніонних жирних кислот в їх зябрах відбувається за рахунок насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот.

Збільшення загальної концентрації аніонних жирних кислот у зябрах наведених вище коропів зумовлено більшим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною (відповідно 181,16 і 193,76 проти 172,74 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси) і непарною (0,80 і 0,93 проти 0,70) кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин ω-7 (8,73 і 9,20 проти 8,40) і ω-9 (624,97 і 651,83 проти 613,04) та поліненасичених жирних кислот родин ω-3 (305,37 і 319,80 проти 288,84) і ω-6 (відповідно 345,13 і 367,43 проти 326,00 г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси). При цьому є тенденція до зменшення відношення аніонних поліненасичених жирних кислот родини ω-3 до аніонних поліненасичених жирних кислот родини ω-6 (табл. 1).

Таблиця 1

**Вміст аніонних жирних кислот у зябрах коропів за різної концентрації цинку та міді у комбікормі, г<sup>-3</sup>/кг натуральної маси (M±m, n=4)**

Аніонні жирні кислоти та їх код	Контроль	1 ГДК цинку та міді в комбікормі	2 ГДК цинку та міді в комбікормі
Капринова, 10:0	0,23±0,033	0,33±0,033	0,43±0,033*
Лауринова, 12:0	0,47±0,033	0,57±0,033	0,73±0,033**
Міристинова, 14:0	3,80±0,173	4,03±0,176	4,30±0,058
Пентадеканова, 15:0	0,70±0,058	0,80±0,058	0,93±0,033*
Пальмітинова, 16:0	81,80±3,205	85,60±3,235	92,70±1,852*
Пальмітоолеїнова, 16:1	8,40±0,173	8,73±0,203	9,20±0,173*
Стеаринова, 18:0	21,87±1,009	22,73±1,033	25,17±0,581*
Олеїнова, 18:1	528,47±10,616	536,97±10,233	559,40±5,255
Лінолева, 18:2	127,07±4,953	133,13±4,148	143,43±3,957
Ліноленова, 18:3	76,87±1,707	80,83±1,650	80,43±1,625
Арахінова, 20:0	64,57±1,450	67,90±1,242	70,43±1,299*
Ейкозаєнова, 20:1	84,57±1,713	88,00±1,514	92,43±1,565*
Ейкозациєнова, 20:2	56,50±1,415	59,90±1,595	62,50±1,274*
Ейкозатриєнова, 20:3	34,03±1,244	36,50±1,504	37,83±0,521*
Ейкозатетраєнова (арахідонова), 20:4	42,57±1,676	45,40±1,137	47,17±0,561
Ейкозапентаєнова, 20:5	56,27±1,790	60,07±2,136	62,70±1,250*
Докозациєнова, 22:2	47,30±1,790	50,57±1,936	54,10±1,250*
Докозатриєнова, 22:3	24,20±0,924	25,83±1,335	27,77±0,825*
Докозатетраєнова, 22:4	18,53±0,899	19,63±1,040	22,40±0,462*
Докозапентаєнова, 22:5	44,00±1,328	46,97±1,433	49,00±0,924*
Докозагексаєнова, 22:6	87,50±3,897	91,67±4,101	99,90±2,329
Загальний вміст жирних кислот	1409,72	1466,16	1542,95
У т. ч. насичені	173,44	181,96	194,69
мононенасичені	621,44	633,70	661,03
поліненасичені	614,84	650,50	687,23
ω-3/ω-6	0,89	0,88	0,87

Примітка: тут і далі \* – p<0,02-0,05; \*\* – p<0,01; \*\*\* – p<0,001.

Наведені вище зміни вмісту аніонних жирних кислот у зябрах коропів відбиваються на концентрації в них жирних кислот загальних ліпідів. Зокрема, виявлено, що із зростанням вмісту міді та цинку в комбікормі в зябрах коропів дослідних груп, порівняно з коропами контрольної групи, зростає вміст жирних

кислот загальних ліпідів (табл. 2). З наведеної вище таблиці видно, що зростання вмісту жирних кислот загальних ліпідів в їх зябрах відбувається за рахунок мононенасичених і поліненасичених жирних кислот.

Таблиця 2

**Вміст жирних кислот загальних ліпідів у зябрах коропів за різної концентрації цинку та міді у комбікормі, г/кг натуральної маси ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )**

Жирні кислоти та їх код	Контроль	1 ГДК цинку та міді в комбікормі	2 ГДК цинку та міді в комбікормі
Лауринова, 12:0	0,02±0,003	0,02±0,003	0,02±0,003
Міристинова, 14:0	0,04±0,003	0,04±0,003	0,03±0,003*
Пентадеканова, 15:0	0,01±0,000	0,01±0,000	0,01±0,000
Пальмітинова, 16:0	0,66±0,026	0,64±0,023	0,62±0,023
Пальмітоолеїнова, 16:1	0,06±0,003	0,07±0,003	0,07±0,003
Стеаринова, 18:0	0,18±0,011	0,15±0,009	0,16±0,009
Олеїнова, 18:1	3,50±0,050	3,7±0,064	3,57±0,044
Лінолева, 18:2	0,89±0,029	0,93±0,029	0,91±0,036
Ліноленова, 18:3	0,52±0,029	0,56±0,035	0,53±0,035
Арахінова, 20:0	0,60±0,032	0,51±0,020	0,53±0,023
Ейкозаснова, 20:1	0,71±0,026	0,83±0,029*	0,80±0,032
Ейкозациєнова, 20:2	0,37±0,020	0,47±0,026*	0,45±0,026
Ейкозатриєнова, 20:3	0,20±0,011	0,27±0,017*	0,25±0,017
Ейкозатетраєнова (арахідонова), 20:4	0,27±0,017	0,37±0,023*	0,32±0,017
Ейкозапентаєнова, 20:5	0,42±0,023	0,53±0,032*	0,49±0,023
Докозациєнова, 22:2	0,06±0,003	0,09±0,003**	0,07±0,003
Докозатриєнова, 22:3	0,08±0,003	0,10±0,009	0,09±0,006
Докозатетраєнова, 22:4	0,16±0,011	0,23±0,014*	0,19±0,006
Докозапентаєнова, 22:5	0,32±0,017	0,40±0,020*	0,38±0,017
Докозагексаєнова, 22:6	0,62±0,026	0,76±0,037*	0,71±0,026
Загальний вміст жирних кислот	9,71	10,70	10,21
У т. ч. насичені	1,52	1,37	1,37
мононенасичені	4,28	4,62	4,45
поліненасичені	3,91	4,71	4,39
$\omega$ -3/ $\omega$ -6	1,01	1,00	1,00

Зростання вмісту жирних кислот загальних ліпідів у зябрах наведених вище коропів зумовлено більшою кількістю в їх складі мононенасичених жирних кислот родин  $\omega$ -7 (відповідно 0,07 і 0,07 проти 0,06 г/кг натуральної маси) і  $\omega$ -9 (4,62 і 4,45 проти 4,28) та поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -3 (2,35 і 2,20 проти 1,96) і  $\omega$ -6 (відповідно 2,36 і 2,19 проти 1,95 г/кг натуральної маси). При цьому не змінюється відношення поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -3 до поліненасичених жирних кислот родини  $\omega$ -6 (табл. 3). Але зростає інтенсивність перетворень лінолевої (відповідно 0,65 і

0,71 проти 0,84 у контролі) та ліноленової (відповідно 0,31 і 0,32 проти 0,36 у контролі) кислот загальних ліпідів в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні. Видно, що проявляється вплив цинку на ці процеси. Відомо, що цинк активує  $\Delta^3$ -,  $\Delta^4$ -,  $\Delta^5$ - і  $\Delta^6$ -десатурази]. Останні сприяють утворенню більш ненасичених жирних кислот з відповідних мононенасичених і поліненасичених жирних кислот.

Зростання вмісту жирних кислот загальних ліпідів у зябрах наведених вище коропів відбувається на тлі зменшення кількості в їх складі насичених жирних кислот з парною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу (відповідно 1,37 і 1,37 проти 1,52 г/кг натуральної маси). При цьому в їх зябрах зростає інтенсивність десатурації міристинової, пальмітинової, стеаринової та арахінової кислот загальних ліпідів до відповідних мононенасичених похідних – міристоолеїнової, пальмітоолеїнової, олеїнової та ейкозаєнової (відповідно 0,29 і 0,30 проти 0,34 в контролі). Видно проявляється вплив міді на цей процес.

Зростання вмісту продуктів десатурації міристинової, пальмітинової, стеаринової та арахінової кислот та більш довголанцюгових і більш ненасичених похідних лінолевої та ліноленової кислот, видно, приводить до збільшення проникливості клітинних мембран зябер коропів для активованих і неактивованих метаболітів. Клітинні мембрани, маючи у своєму складі більшу кількість продуктів десатурації міристинової, пальмітинової, стеаринової та арахінової кислот та більш довголанцюгових і більш ненасичених похідних лінолевої кислоти мають більш виражену проникливість для активованих і неактивованих метаболітів, ніж клітинні мембрани, які містять у своєму складі велику кількість насичених жирних кислот.

Таблиця 3

**Жива маса дворічок коропів за різної концентрації цинку та міді в комбікормі, г ( $M \pm m$ ,  $n=4$ )**

Контроль	1 ГДК цинку та міді в комбікормі	2 ГДК цинку та міді в комбікормі
На початку дослідю		
332,2 $\pm$ 1,77	332,5 $\pm$ 1,51	332,3 $\pm$ 1,92
В кінці дослідю (45 днів)		
548,0 $\pm$ 2,94	645,0 $\pm$ 2,94***	604,8 $\pm$ 3,53***

Зміни вмісту неетерифікованих жирних кислот, аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів у зябрах супроводжуються зміною живої маси коропів у кінці дослідю (табл. 3). Зокрема, за період дослідю коропа контрольної групи збільшили свою живу масу в 1,65 рази, а коропа I та II дослідних груп – відповідно в 1,94 і 1,82 рази. Разом з тим, наведене вище вказує на те, що за високої концентрації важких металів, зокрема міді та цинку, у комбікормі ріст коропів пригнічується.

**Висновки.**

1. Із збільшенням концентрації цинку та міді в комбікормі зростає вміст наведених вище металів у зябрах коропів ( $p < 0,05-0,01$ ).

2. Із збільшенням концентрації цинку та міді в комбікормі в зябрах короїв за рахунок насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот зростає вміст аніонних жирних кислот ( $p < 0,05-0,01$ ). На цьому тлі в їх зябрах з боку мононенасичених і поліненасичених жирних кислот менш виражено підвищується рівень жирних кислот загальних ліпідів ( $p < 0,1-0,05$ ).

3. Із збільшенням концентрації цинку та міді в комбікормі в зябрах короїв у складі жирних кислот загальних ліпідів зростає інтенсивність десатурації міристинової, пальмітинової, стеаринової та арахінової кислот до відповідних мононенасичених жирних кислот та ефективність перетворень лінолевої та ліноленової кислот в їх більш довголанцюгові та більш ненасичені похідні ( $p < 0,01-0,001$ ).

4. За період досліду (45 днів) корої контрольної групи збільшили свою живу масу в 1,65 рази, а корої I та II дослідних груп, які отримували в складі комбікорму одну та дві гранично допустимі концентрації цинку та міді, – відповідно в 1,94 і 1,82 рази ( $p < 0,001$ ).

#### Література

1. Курант В.З., Хоменчук В.О., Бияк В.Я. Шляхи проникнення та вміст важких металів в організмі риїв (огляд) // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2011, № 2 (47).– С. 263-269

2. Тяжелые металлы во внешней среде: Современ. гигиен. и токсикол. аспекты / Трахтенберг И.М., Колесников В.С., Луковенко В.П. – Минск.: Наука і тэхніка, 1994. – 285 с.

3. Грубінко В.В. Роль металів в адаптації гідробіонтів: еволюційно-екологічні аспекти // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2011, № 2 (47).– С. 237-262.

4. Коваленко В.Ф. Особенности обменных процессов у рыб в условиях воздействия сублетальных концентраций меди и цинка // Гидробиол. журн.– 2004.– Т. 40, №2.– С. 97-103.

5. Dhanapakiam P., Ramasamy V.K. Toxic effects of copper and zinc mixtures on some haematological and biochemical parameters in common carp, *Cyprinus carpio* (Linn) // J. Environ. Biol.– 2001.– V. 22.– P. 105-111.

6. Radi A.A.R., Matkovics B. Effect of metal ions on the antioxidant enzyme activities, protein contents and lipid peroxidation of carp tissues // Comp. Biochem. Phys.– 1988.– V. 90, №1.– P. 69-72.

7. Gregory E.M., Fridovich I. Superoxide dismutases: properties, distribution, and functions. In: Hoekstra W.G., Suttie J.W., Ganther H.E., Mertz W. (eds.). Trace Element Metabolism in Animals. University Park Press, Baltimore, 1974.– P. 486-488.

8. Жиры в питании сельскохозяйственных животных / Пер. с англ. Г. Н. Жидкоблиновой; Под ред. и с предисл. А. А. Алиева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 406 с.

9. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология // Авцын А.П., Жаворонкова АА., Риш М.А., Строчкова Л.С. М.: Медицина, 1991.– 496 с.

10. Прайс В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектрофотометрия // М.: Мир, 1976.– 354 с.

11. Рівіс Й.Ф., Федорук Р.С. Кількісні хроматографічні методи визначення окремих ліпідів і жирних кислот у біологічному матеріалі. Методичний посібник // Львів.: "СПОЛІОМ", 2010.– 110 с.

**Summary**

**Yanovych N.E.**

**FATTY ACIDS METABOLISM IN GILLS AND CARPS GROWTH AT DIFFERENT LEVEL OF ZINC AND COPPER IN MIXED FODDER**

*Data concerning copper and zinc concentration in mixed fodder on mentioned trace elements content and fatty acids metabolism in carp's gills are presented in the article.*

**Key words:** *carp, gills, zinc, copper, fatty acids*

Рецензент – к.б.н., доцент Божик В.Й.