



УДК 639.3:577.1

## Вміст аніонних жирних кислот у зябрах коропа за різної концентрації міді та цинку у воді

Й.Ф.Рівіс<sup>1</sup>, Н.Є. Янович<sup>2</sup>  
yandeni77@gmail.com

<sup>1</sup>Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААНУ,  
вул. Грушевського, 5, с. Оброшино, Пустомитівський р-н, Львівська обл., 81115, Україна;

<sup>2</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького,  
вул. Пекарська, 50, м. Львів, 79010, Україна

Мідь та Цинк належать до життєво важливих для риб елементів з широким спектром впливу на фізіолого-біохімічні процеси в їх організмі. Зокрема, встановлена роль Цинку у процесах росту, розвитку та розмноження риб, обміну білків і нуклеїнових кислот та регуляції активності генів. Цинк, як і Мідь, задіяний у ферментній ланці системи антиоксидантного захисту; крім того, Мідь бере участь у процесах еритропоезу, енергетичного обміну та функціонуванні імунної системи. Вказані елементи впливають також на активність десатураз – ферментів, що каталізують перетворення одинарного зв'язку між атомами вуглецю в ацильних ланцюгах у подвійний ненасичений зв'язок. Разом з тим, вплив Цинку та Міді на обмін жирних кислот в організмі риб та його органно-тканинні особливості залишається маловивченим.

Результати, представлені у даній роботі, свідчать, що за однієї граничної концентрації Цинку і Міді у воді, Цинк накопичується в зябрах більшою мірою, ніж Мідь. В свою чергу, за двох граничнодопустимих концентрацій у воді, Мідь накопичується в зябрах більшою мірою, ніж Цинк. Збільшення концентрації Цинку та Міді в зябрах коропа призводило до збільшення в них загальної концентрації малоактивних в метаболічному відношенні аніонних жирних кислот за рахунок насичених, мононенасичених і поліненасичених жирних кислот. При цьому не змінювалось відношення аніонних поліненасичених жирних кислот родини  $\omega-3$  до аніонних поліненасичених жирних кислот родини  $\omega-6$ .

**Ключові слова:** коропа, аніонні жирні кислоти, мідь, цинк, зябра, жива маса.

## Содержание анионных жирных кислот в жабрах карпа при различной концентрации меди и цинка в воде

Й.Ф. Ривис<sup>1</sup>, Н.Е. Янович<sup>2</sup>  
yandeni77@gmail.com

Інститут сільського господарства Карпатського регіону УААН,  
вул. Грушевського, 5, с. Оброшино, Львівська область, 81115, Україна;

<sup>2</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького,  
вул. Пекарська, 50, г. Львів, 79010, Україна

Мідь і Цинк належать до життєво важливих для риб елементів з широким спектром біологічного впливу на фізіолого-біохімічні процеси в їх організмі. В частности, встановлена роль Цинку в процесах росту, розвитку та розмноження риб, обміну білків і нуклеїнових кислот та регуляції активності генів. Цинк, як і Мідь, задіяний у ферментній ланці системи антиоксидантної захисту; крім того, Мідь бере участь у процесах еритропоезу, енергетичного обміну та функціонуванні імунної системи. Вказані елементи впливають також на активність десатураз – ферментів, які каталізують перетворення одинарної зв'язку між атомами вуглецю в ацильних ланцюгах у подвійну ненасичену зв'язку. Разом з тим, вплив Цинку та Міді на обмін жирних кислот в організмі риб залишається маловивченим.

### Citation:

Rivis, Y.F., Yanovych, N.E. (2016). Anionic fatty acids content in carp gills at different copper and zinc concentration in the water. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 18, 2(67), 225–229.

рыб и его органно–тканевые особенности остается малоизученным.

Результаты, представленные в данной работе, свидетельствуют, что при одной предельно допустимой концентрации Цинка и Меди в воде, Цинк накапливается в жабрах в большей степени, чем Медь. В свою очередь, при двух предельно допустимых концентрациях в воде, Медь накапливается в жабрах в большей степени, чем Цинк. Повышение концентрации Цинка и Меди в жабрах карпа привело к увеличению в них общей концентрации малоактивных в метаболическом отношении анионных жирных кислот за счет насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот. При этом не изменялось отношение анионных жирных кислот семейства  $\omega-3$  к анионным жирным кислотами семейства  $\omega-6$ .

**Ключевые слова:** карпы, анионные жирные кислоты, медь, цинк, жабры, живая масса.

## Anionic fatty acids content in carp gills at different copper and zinc concentration in the water

Y.F. Ravis<sup>1</sup>, N.E. Yanovych<sup>2</sup>  
yandeni77@gmail.com

<sup>1</sup>Institute of Agriculture of Carpathian Region NAAS  
Grushevskogo Str., 5, Obroshino, Lviv Oblast, 81115, Ukraine;

<sup>2</sup>Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyi,  
Pekarska Str., 50, Lviv, 79010, Ukraine

*Copper and Zinc belongs to essential elements with wide spectrum of physiological and biochemical action in fishes organism. In particular, the role of Zinc in growth, development and reproduction of fishes is established, both as its influence on protein and nucleic acids metabolism and genes activity regulation. Zinc, as well as Copper, is involved in enzyme link of antioxidant system. Besides, Copper takes part in erythropoiesis, energetic metabolism and immune system functioning. Abovementioned elements also influence on desaturases activity. The desaturases are catalyzing transformation of single bond between Carbon atoms in acyl chain into double unsaturated bond. At the same time, Zinc and Copper influence on fatty acids metabolism in fishes body and its tissue and organic specificity remains insufficiently explored.*

*Presented results testified, that at concentration of Zinc and Copper in the water, equated to 1 MPL (maximum permitted level), Zinc accumulates in the gills in greater extend, than Copper. In its turn, at two maximum permitted levels in the water, Copper accumulates in the gills more, than Zinc. Increasing of Zinc and Copper concentration in carp's gills has led to the increasing of total concentration of anionic forms of fatty acids, those are barely metabolically active. The increasing of anionic fatty acids was caused by saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids. Wherein, the ratio of anionic polyunsaturated fatty acids of  $\omega-3$  family to anionic polyunsaturated fatty acids of  $\omega-6$  family didn't changed.*

**Key words:** carps, anionic forms of fatty acids, Copper, Zinc, gills, live weight.

### Вступ

Однією за актуальних проблем рибицтва є підвищений вміст важких металів в екосистемах рибицтва ставів. Понаднормовий вміст вказаних політантів у воді, бентосі, зоо– та фітопланктоні та донних відкладах водойм може бути обумовлений як антропогенними чинниками, насамперед промисловим та сільськогосподарським виробництвом, так і природними факторами, зокрема підвищеним геохімічним фоном хімічних елементів, особливостями водного живлення ставів тощо (Grubinko, 2011). Внаслідок цього, важкі метали можуть накопичуватись у понаднормових концентраціях в тканинах і органах промислових видів риби (Kolesnyk, 2011; Dobryans'ka et al., 2013). Подальший їх вплив на організм риби залежить від виду металу, його концентрації, фізико–хімічних властивостей, а також функціонального стану організму (Yanovych and Yanovych, 2014). У зв'язку з цим, важливе науково–практичне значення мають дослідження, спрямовані на вивчення впливу порогових та понаднормових концентрацій окремих хімічних елементів на різні сторони обміну речовин в організмі риби.

Метою нашої роботи було дослідження впливу різних концентрацій Цинку та Міді у воді на вміст анионних жирних кислот у зябрах коропа. Вплив вказаних елементів на метаболічні процеси в організмі коропа обумовлений їх наявністю в простетичних

групах ряду ферментів, зокрема, супероксиддисмутази та цитохром–с оксидази, та регуляцією активності  $\Delta^3-$ ,  $\Delta^4-$ ,  $\Delta^5-$  і  $\Delta^6-$  та  $\Delta^9-$  десатураз (Wahle and Davies, 1975; Gry'sy'nyak et al., 2015). Вказані десатурази беруть участь у метаболізмі жирних кислот в організмі риби. Крім того, Цинк і Медь здатні утворювати з жирними кислотами солі (мила).

### Матеріал і методи досліджень

Дослід було проведено на трьох групах (по чотири риби в кожній) дворічок коропів середньою живою масою 320 г. Коропів без доступу поживних речовин впродовж 21 дня утримували в акваріумах у розрахунку 40 літрів води на одну особину. Коропи контрольної групи утримувалися у воді без добавок Міді та Цинку, а коропи 1–ї та 2–ї дослідних груп – у воді з добавками сульфатів Міді та Цинку. Причому, концентрацію Міді та Цинку у акваріумній воді для 1–ї дослідної групи коропів доводили до однієї ГДК (гранично допустимої концентрації) (відповідно до 1 і 10 г<sup>-3</sup>/л), а для 2–ї дослідної групи – 2 ГДК (відповідно до 2 і 20 г<sup>-3</sup>/л). Вміст кисню у воді акваріумів утримували у межах 7,0 – 8,0 мг/л, вуглекислого газу – 2,1 – 2,7 мг/л. Концентрація водневих іонів у воді акваріумів була близькою до 7,6 – 7,9. Температура води в акваріумах була в межах 18 – 20 °С. Відстояну водопровідну воду без добавок солей та з їх добавками

змінювали в акваріумах кожні дві доби.

У кінці досліду проводили зважування піддослідних коропів. Після забою для лабораторних досліджень відбирали зразки зябер. У відібраних зразках зябер визначали концентрацію Міді, Цинку та аніонних жирних кислот.

Концентрацію Міді та Цинку у відібраних зразках зябер визначали спектрофотометричним методом (Prajs, 1976). Концентрацію аніонних жирних кислот у зразках зябер визначали газохроматографічним методом (Rivis and Fedoruk, 2010). Зразки зябер обробляли різними екстрагуючими сумішами – сумішшю хлороформ–метанол–соляна кислота (200:100:1 за об'ємом), та сумішшю хлороформ–метанол (2:1 за об'ємом). Звільнені від хлороформу ліпіди омиляли, а отримані жирні кислоти — метилювали. Одержані метилові ефіри жирних кислот вводили у випаровувач газорідного хроматографічного апарату.

Розділення метилових ефірів жирних кислот проводили на хроматографі «Chrom-5» («Laboratorni pristroje», Praha) (Rivis and Fedoruk, 2010). Ідентифікацію піків на хроматограмі проводили методом розрахунку «вуглецевих чисел» (Ackman, 1969), а також шляхом використання хімічно чистих, стандартних

розчинів метилових ефірів жирних кислот. Розрахунок вмісту окремих жирних кислот, за результатами газохроматографічного аналізу – хроматограмах — проводили за формулою, яка включає поправкові коефіцієнти для кожної із них (Rivis and Skorohod, 1981; Rivis and Danylyk, 1997).

Отримані результати досліджень обробляли статистично. 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 та їх обговорення

Встановлено, що за однієї гранично допустимої концентрації у воді, порівняно з природним вмістом, Цинк нагромаджується в зябрах коропів у більшій мірі ( $p < 0,05$ ), ніж Мідь ( $p < 0,1$ ). З таблиці 1 видно, що за двох гранично допустимих концентрацій у воді у зябрах коропів Мідь нагромаджується у більшій мірі ( $p < 0,001$ ), ніж Цинк ( $p < 0,01$ ).

Таблиця 1

**Вміст Цинку та Міді у зябрах коропів за різної концентрації наведених вище металів у воді акваріуму,  $g^{-3}/kg$  натуральної маси ( $M \pm m, n = 4$ )**

Контроль	1 ГДК Цинку та Міді у воді	2 ГДК Цинку та Міді у воді
Вміст Цинку у зябрах		
247,47 $\pm$ 6,253	270,53 $\pm$ 4,765*	288,30 $\pm$ 4,708**
Вміст Міді у зябрах		
0,877 $\pm$ 0,037	1,14 $\pm$ 0,090	1,80 $\pm$ 0,101***

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

Таблиця 2

**Вміст аніонних жирних кислот у зябрах коропів за різної концентрації Цинку та Міді у воді акваріуму,  $mg/kg$  натуральної маси ( $M \pm m, n = 4$ )**

Аніонні жирні кислоти та їх код	Контроль	1 ГДК Цинку та Міді у воді	2 ГДК Цинку та Міді у воді
Капринова, 10:0	0,2 $\pm$ 0,03	0,2 $\pm$ 0,03	0,3 $\pm$ 0,03*
Лауринова, 12:0	0,4 $\pm$ 0,03	0,5 $\pm$ 0,03	0,5 $\pm$ 0,03*
Міристинова, 14:0	4,1 $\pm$ 0,17	4,4 $\pm$ 0,15	4,8 $\pm$ 0,14*
Пентадеканова, 15:0	0,7 $\pm$ 0,03	0,8 $\pm$ 0,03	0,9 $\pm$ 0,03*
Пальмітинова, 16:0	78,3 $\pm$ 1,85	82,5 $\pm$ 1,36	86,2 $\pm$ 2,37
Пальмітоолеїнова, 16:1	7,8 $\pm$ 0,17	8,2 $\pm$ 0,18	8,6 $\pm$ 0,26
Стеаринова, 18:0	21,7 $\pm$ 0,75	23,0 $\pm$ 0,69	24,4 $\pm$ 0,58*
Олеїнова, 18:1	484,9 $\pm$ 10,60	504,5 $\pm$ 12,21	523,4 $\pm$ 9,56
Лінолева, 18:2	125,7 $\pm$ 7,13	139,4 $\pm$ 5,58	146,8 $\pm$ 5,07
Ліноленова, 18:3	64,4 $\pm$ 2,20	68,9 $\pm$ 2,28	72,1 $\pm$ 1,56*
Арахінова, 20:0	62,2 $\pm$ 1,90	66,3 $\pm$ 1,99	69,7 $\pm$ 1,90*
Ейкозаєнова, 20:1	72,4 $\pm$ 2,11	76,3 $\pm$ 2,37	80,4 $\pm$ 2,11
Ейкозадиснова, 20:2	46,2 $\pm$ 1,68	50,0 $\pm$ 1,79	52,6 $\pm$ 1,33*
Ейкозатриснова, 20:3	26,2 $\pm$ 1,07	28,8 $\pm$ 1,41	31,5 $\pm$ 1,59*
Ейкозатетраснова (арахідонова), 20:4	34,4 $\pm$ 1,33	37,4 $\pm$ 1,05	41,6 $\pm$ 1,85*
Ейкозапентаснова, 20:5	47,3 $\pm$ 1,76	50,2 $\pm$ 1,10	55,5 $\pm$ 2,08*
Докозадиснова, 22:2	8,7 $\pm$ 0,17	9,1 $\pm$ 0,17	10,0 $\pm$ 0,26*
Докозатриснова, 22:3	18,4 $\pm$ 0,69	19,5 $\pm$ 0,62	21,7 $\pm$ 0,75*
Докозатетраснова, 22:4	18,5 $\pm$ 0,67	19,6 $\pm$ 0,69	21,5 $\pm$ 0,77*
Докозапентаснова, 22:5	40,3 $\pm$ 1,67	44,3 $\pm$ 1,85	47,3 $\pm$ 1,82*
Докозагексаєнова, 22:6	80,6 $\pm$ 3,15	86,6 $\pm$ 2,68	94,1 $\pm$ 3,44*
Загальний вміст жирних кислот	1243,5	1320,5	1394,1
У т. ч. насичені	167,5	177,7	186,8
мононенасичені	565,1	589,0	612,5
поліненасичені	510,8	553,8	594,8
$\omega-3/\omega-6$	0,97	0,95	0,96

Попередніми дослідженнями нами було встановлено, що зростання вмісту Міді та Цинку у воді, та, як наслідок, в органах і тканинах короїв приводить до зміни в них концентрації неетерифікованих жирних кислот, аніонних жирних кислот і жирних кислот загальних ліпідів (Yanovych, 2013). Результати досліджень, наведені у таблиці 2, підтверджують вплив вказаних елементів на обмін жирних кислот в організмі коропа. Відомо, що високоактивні у метаболічному відношенні довголанцюгові неетерифіковані жирні кислоти (з 18 і більше атомами вуглецю в ланцюгу) в тканинах риби здатні зв'язувати мінеральні елементи, утворюючи мила жирних кислот. Причому, мила жирних кислот з двоохвалентними мінеральними елементами, до яких відносяться Мідь та Цинк, є важкорозчинними. Нами було встановлено, що із зростанням вмісту Міді та Цинку у воді акваріуму в зябрах коро-

їв дослідних груп, порівняно з коропами контрольної групи, збільшується загальна концентрація аніонних жирних кислот (табл. 2). З наведеної таблиці видно, що збільшення загальної концентрації малоактивних в метаболічному відношенні 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 короїв зумовлено більшим вмістом в їх складі насичених жирних кислот з парною і непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин  $\omega-7$  і  $\omega-9$  та поліненасичених жирних кислот родин  $\omega-3$  і  $\omega-6$ . При цьому не змінюється відношення аніонних поліненасичених жирних кислот родини  $\omega-3$  до аніонних поліненасичених жирних кислот родини  $\omega-6$ .

Таблиця 3

**Жива маса дворічок короїв за різної концентрації Цинку та Міді у воді акваріуму, г ( $M \pm m$ ,  $n = 4$ )**

Контроль	1 ГДК Цинку та Міді у воді	2 ГДК Цинку та Міді у воді
На початку дослідження		
320,3 ± 5,72	320,0 ± 6,18	320,0 ± 5,67
В кінці дослідження (21 день)		
307,8 ± 5,57	304,3 ± 5,87	288,8 ± 4,97*

Зміни вмісту Міді, Цинку та жирних кислот у зябрах призводять до зміни живої маси короїв у кінці дослідження (табл. 3). Зокрема, за період дослідження корої контрольної групи втратили 3,90% живої маси, а корої I та II дослідних груп – відповідно 4,91 і 9,75%. Наведене вище вказує на те, що за високої концентрації важких металів, зокрема Міді та Цинку, у воді акваріуму корої найбільш інтенсивно втрачають живу масу.

**Висновки**

За однієї гранично допустимої концентрації у воді акваріуму Цинк, порівняно з Міддю ( $p < 0,1$ ), нагромаджується у зябрах короїв у більшій мірі ( $p < 0,05$ ). За двох гранично допустимих концентрацій у воді акваріуму в зябрах короїв Мідь нагромаджується у більшій мірі ( $p < 0,001$ ), ніж Цинк ( $p < 0,01$ ). Із зростанням вмісту Міді та Цинку у воді акваріуму в зябрах короїв за рахунок насичених жирних кислот з парною і непарною кількістю вуглецевих атомів у ланцюгу, мононенасичених жирних кислот родин  $\omega-7$  і  $\omega-9$  та поліненасичених жирних кислот родин  $\omega-3$  і  $\omega-6$  збільшується загальна концентрація аніонних жирних кислот ( $p < 0,05 - 0,01$ ). За період дослідження (21 день) корої контрольної групи, яких утримували у воді акваріуму з природним вмістом Міді та Цинку втратили 3,90% живої маси, а корої I та II дослідних груп, які знаходилися у воді акваріуму відповідно з однією та двома гранично допустимими концентраціями Міді та Цинку, – відповідно 4,91 і 9,75%.

*Перспективи подальших досліджень.* Представлені результати є частиною комплексних досліджень, присвячених вивченню впливу різних концентрацій Міді і Цинку на різні сторони обміну речовин в коропа.

**Бібліографічні посилання**

Grubinko, V.V. (2011). Rol' metaliv v adaptaciyi gidrobiontiv: evolyucijno-ekologichni aspekty'. Nauk. zap. Ternop. nac. ped. un-tu. Ser. Biol. 2(47), 237–26. (in Ukrainian).

Kolesny'k, N.L. (2011). Rozpodil vazhky'x metaliv u lankax gidroekosy'stemy' staviv za intensy'vnoyi texnologiyi vy'roshhuvannya ry'by'. Ry'bogospodars'ka nauka Ukrayiny. 3, 105–111 (in Ukrainian).

Dobryans'ka, G.M., Mel'ny'k, A.P., Yanovych, N.Ye., Yanovych, D.O. (2013). Osobly'vosti nakopy'chennya vazhky'x metaliv v organizmi rizny'x vy'div promy'slovy'x ry'b. Naukovy'j visny'k LNUVMBT im. S.Z. G'zhy'cz'kogo. 15, 1(55), 52–56 (in Ukrainian).

Yanovych, N.Ye., Yanovych, D.O. (2014). Rol' mikroelementiv u zhy'ttyedyial'nosti stavkovy'x ry'b. Naukovy'j visny'k L'vivs'kogo nacional'nogo univ'sy'tetu vetery'narnoyi medy'cy'ny' ta biotexnologij im. S. Z. G'zhy'cz'kogo. 16, 2(59), 345–372 (in Ukrainian).

Gry'cy'nyak, I.I., Yanovy'ch, D.O., Shvecz', T.M. (2015). Ekotoksy'kologiya lososevy'x ry'b. K. : DIA (in Ukrainian). (in Ukrainian).

Wahle, K.W.J., Davies, N.T. (1975). Effect of dietary copper deficiency in the rat on fatty acid composition of adipose tissue and desaturase activity of liver microsomes. British Journal of Nutrition. 34, 105–112.

Prajs, V. (1976). Anal'y'ty'cheskaya atomno-absorbcy'onnyaya spektroskopiy'a. M. : My'r. (in Russian).

Rivis, J.F., Fedoruk, R.S. (2010). Kil'kisni xromatografichni metody' vy'znachennya okremy'x lipidiv i zhy'rny'x ky'slot u biologichnomu materialy.

- Metody`chny`j posibny`k. L`viv.: SPOLOM (in Ukrainian).
- Ackman, R.G. (1969). Gas-liquid chromatography of fatty acids and esters. In: Lowenstein J.M. (ed.) *Methods in Enzymology*. Academic, New York, 329-381.
- Rivis, J.F., Dany`ly`k, B.B. (1997). Gazoxromatografichne vy`znachennya vy`sokomolekulyarny`x neetery`fikovany`x zhy`rny`x ky`slot v biologichnomu materiali. *Ukrayins`ky`j bioximichny`j zhurnal*. 69(1), 79-83 (in Russian).
- Rivis, I.F., Skorohod, I.V. (1981). Kolichestvennyj metod opredelenija nekotoryh vysokomolekuljarnyh zhirnyh kislot v rastenijah, tkanjah i biologicheskikh zhidkostjah organizma sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh. *Doklady VASHNIL*. 8, 32-35 (in Russian).
- Yanovych, N.Ye. (2013). Vplyv riznoji koncentraciji midi ta cynku u vodi na žyrnokyslotnyj sklad pečinky koropiv. *Rybohospodars`ka nauka Ukrainy*. 1, 50-57 (in Ukrainian).
- Yanovych, N.Ye. (2013). Žyrnokyslotnyj sklad skeletnyx mjaziv i rist koropa za riznoji koncentraciji midi ta cynku u vodi. *Rybohospodars`ka nauka Ukrainy*. 2, 70-75 (in Ukrainian).

*Стаття надійшла до редакції 19.09.2016*