

УДК 639.3.043.13

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.4>

## ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ОРГАНІЗМ КОРОПА ЗГОДОВУВАННЯ СОРГО

<sup>1</sup>*Дерень О.В.* – к. с.-г. н., с.н.с.,

<sup>2</sup>*Кориляк М.З.* – к. с.-г. н., с.н.с.,

<sup>2</sup>*Добрянська О.П.* – доктор філософії, с.н.с.,

<sup>1</sup>*Коба С.А.* – с.н.с.,

<sup>1</sup>*Інститут рибного господарства*

*Національної академії аграрних наук України*

<sup>2</sup>*Закарпатська науково-дослідна станція лососівництва та відтворення  
зникаючих видів риб Інституту рибного господарства*

*Національної академії аграрних наук України*

*derenj@ukr.net*

Актуальним завданням коропівництва є пошук кормових компонентів, використання яких економічно обґрунтоване та здатне забезпечити біологічні потреби організму риб. Перспективним у даному контексті є сорго – високопоживна, легко перетравна кормова культура з антиоксидантними властивостями. Відповідно, у дослідженні розглянуто доцільність заміщення злакової складової кормів для коропа на сорго на основі аналізу показників росту, хімічного складу м'язів та функціонального стану системи антиоксидантного захисту організму.

Сформовано 4 дослідні і 2 контрольні групи однорічок коропа, які впродовж 35 діб отримували раціон наступного складу: контроль 1 – комбікорм, дослід 1 – комбікорм із додаванням 10% сорго на заміщення кукурудзи, дослід 2 – комбікорм із додаванням 30% сорго на заміщення кукурудзи і пшениці, контроль 2 – зерно-суміш, дослід 3 – зерно-суміш із додаванням 10% сорго на заміщення кукурудзи, дослід 4 – зерно-суміш із додаванням 40% сорго на заміщення зерно-суміші (кукурудза, горох, ячмінь, овес, макуха соєва). Використовували кормовий сорт сорго.

По завершенні досліджень встановлено, що морфометричні показники риб усіх груп відповідали нормативним для коропа. Індекс високоспинності був у межах 2.60–2.84%, індекс компактності складав 80.75–84.25, показники коефіцієнта вгодованості коливалися від 2.42 до 2.91. У дослідях 1 та 2 середня маса риб була вищою відповідно на 9.8 та 4,1% відносно контролю 1; у дослідях 3 та 4 – на 0,8, 11,3% відносно контролю 2.

При аналізі хімічного складу м'язових тканин риб встановлено тенденцію до зростання відносного вмісту сирого протеїну у дослідях 1 та 2 відносно контролю 1 на 2.5 та 23.3% відповідно, при цьому відносний вміст сирого жиру був нижчим ( $P < 0,05$ – $0,01$ ). В результаті введення сорго до складу зерно-суміші отримано обернену динаміку – вміст протеїну у м'язах коропів дослідів 3 і 4 був нижчим відносно контролю 2 на 33.1 ( $P < 0,05$ ) та 18.2%, а жиру – вищим на 8.5 та 9.5% відповідно.

Встановлено, що в усіх дослідних варіантах активність антиоксидантних ферментів у крові однорічок коропа, була нижчою, ніж у контрольних варіантах.

Разом з цим, практично в усіх дослідних групах вміст продуктів ПОЛ був нижчим відносно контрольних.

Аналіз отриманих даних свідчить, що доцільним є використання в годівлі коропа кормового сорго на заміщення кукурудзи, а також пшениці.

Ключові слова: однорічки коропа, кормове сорго, компонент корму, ріст, коефіцієнт вгодованості, поживність, система антиоксидантного захисту.

---

**Постановка проблеми.** Короп є одним із головних об'єктів аквакультури України. Відомо, що ефективне вирощування даного виду риб зумовлене використанням інтенсифікаційних заходів. При цьому основною витратною складовою є штучні корми [1]. Нормована годівля збалансованими кормами забезпечує оптимальні показники росту та розвитку риб, а також функціонального стану їхнього організму на усіх етапах онтогенезу. Проте, в умовах сьогодення все частіше у коропівництві використовують напівінтенсивні технології, що великою мірою зумовлено дефіцитом високопоживних, легкоперетравних і, разом з цим, недорогих кормових компонентів, які здатні забезпечити біологічні потреби організму коропа [2, 3]. Відповідно, актуальним і перспективним завданням коропівництва є зниження собівартості вирощеної продукції за рахунок здешевлення рецептів штучних кормів зі збереженням їхніх поживних характеристик, що забезпечить отримання генетично обумовлених фізіологічних, біохімічних та рибогосподарських показників, а також високої харчової цінності.

Окрім цього, актуальною в Україні і світі є проблема зміни клімату, яка призводить до зменшення посівних площ придатних для вирощування традиційних кормових культур. Тому значний інтерес викликає використання у кормовиробництві посухостійких сільськогосподарських культур з високим вмістом білка, пристосованих до умов регіону вирощування [4, 5].

В даному контексті перспективним і економічно вигідним може стати заміщення в еквіваленті до поживності злакової складової кормів для коропа на сорго – високопоживну, легко перетравну кормову добавку з антиоксидантними та протизапальними властивостями [6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За площею посівів та об'ємами виробництва сорго є однією з головних зернових культур у світі [7]. Сорти та гібриди сорго набули широкого поширення і використання у світі в різних напрямках господарської діяльності [8]. В Україні досягнуто великих об'ємів вирощування кормового сорго на основі адаптованих до регіональних кліматичних умов технологій, розроблених ТОВ «Науково-виробниче товариство «УКРСОРГО» [9].

Кормове сорго є ціною продовольчою зернофуражною культурою з високим вмістом білка, мінеральних речовин, жирних кислот та широкого спектру фітохімічних речовин. За поживністю і складом схоже до куку-

рудзи чи ячменю. Відповідно, сорго використовують у годівлі тварин у вигляді зерна, силосу, чи зеленої маси [10].

Численними дослідженнями встановлено ефективність використання сорго на заміщення зернових злаків у кормах для великої рогатої худоби, свиней, коней та птиці [11]. Проте є ряд досліджень із протилежними, або недостатньо показовими результатами. Перш за все це зумовлено вмістом танінів у зерні [12]. Підвищення засвоєння поживних речовин сорго досягають в результаті використання різних способів обробки, а саме: пророщення, ферментації, подрібнення та екструдуювання [10].

Сорго є перспективним кормовим компонентом для аквакультури. Його можуть споживати як різні види риб. При цьому, відповідно до викладеного вище, особливу увагу слід приділити способу введення даного компонента до складу рибних кормів [13].

Отримано позитивні результати використання у годівлі сома ферментованого і звичайного борошна сорго на заміщення кукурудзяного борошна [14]; сорго із додаванням фітази на заміщення кукурудзи [15]; пророщеного сорго із ферментами таких як фітази та протеази [16]; шроту сорго [17]. Встановлено, що маніок і кукурудзу можна замінити на сорго при вирощуванні пангасіуса [18]. Ефективним є використання на заміщення кукурудзи у складі корму на силос із сорго з низьким вмістом танінів у годівлі тилапії [19], а також кукурудзи на сорго у годівлі тилапії і коропа [20]. Часткова заміна пшениці на сорго у раціоні цьоголіток і дволіток коропа надає можливість розширити перелік кормових компонентів [21]. В результаті згодовування сорго однорічкам коропа на заміщення злакової складової гістологічні та біохімічні показники крові риб відповідали фізіологічним, у дослідному варіанті отримано підвищення продуктивних показників, зниження витрат кормів на приріст маси риб та собівартості продукції [22].

Отримані результати вказують на доцільність вивчення перспектив використання в сучасних економічних та екологічних умовах у годівлі коропа кормових сортів сорго, вирощених в Україні.

**Мета дослідження** полягала у комплексній оцінці особливостей перебігу фізіологічних процесів в організмі експериментальних груп однорічок коропа в результаті використання у складі кормів кормового сорго; пошуку оптимального складу раціону, що дозволить отримати економічно обґрунтовані результати вирощування риб.

**Матеріали та методи дослідження.** В умовах лабораторних випробувань досліджено вплив сорго на деякі фізіологічні та біохімічні показники організму коропа, за введення до раціону різного складу. З цією метою сформовано 6 груп однорічок коропа, по 13 екз. в кожній. Риби утримувались в акваріумах місткістю 80 дм<sup>3</sup> з постійною аерацією води та водообміном за

середньої температури 19°C. Впродовж експериментальних робіт забезпечено ідентичні та оптимальні умови утримання усіх груп риб.

У дослідних групах риб до складу комбікорму із вмістом протеїну 29% та зерноsumіші із вмістом протеїну 15% вводили кормовий сорт соргона заміщення кукурудзи, пшениці і зерноsumіші (табл. 1). Коропи отримували раціон наступного складу: контроль 1 – комбікорм, дослід 1 – комбікорм із додаванням 10% сорго на заміщення кукурудзи, дослід 2 – комбікорм із додаванням 30% сорго на заміщення кукурудзи і пшениці, контроль 2 – зерноsumіш, дослід 3 – зерноsumіш із додаванням 10% сорго на заміщення кукурудзи, дослід 4 – зерноsumіш із додаванням 40% сорго на заміщення зерноsumіші (кукурудза, горох, ячмінь, овес, макуха соєва).

Таблиця 1. Схема постановки експерименту

Компонент корму, %	Контроль 1	Дослід 1	Дослід 2	Контроль 2	Дослід 3	Дослід 4
Сорго	–	10	30	–	10	40
Борошно м'ясо-кісткове	15	15	15	–	–	–
Пшениця	20	20	–	40	40	60
Кукурудза	10	–	–	10	–	–
Горох	15	15	15	10	10	–
Ячмінь	–	–	–	20	20	–
Овес	–	–	–	10	10	–
Макуха соєва	14	14	14	10	10	–
Шрот соняшниковий	5	5	5	–	–	–
Дріжджі кормові	20	20	20	–	–	–
Вапнякове борошно	1	1	1	–	–	–

Масу риб (Р, г) визначали зважуванням на вагах з точністю до 0,1 г. Проміри здійснюється за допомогою мірної стрічки. Морфометричний аналіз здійснювали за загальноприйнятими методиками в іхтіологічних дослідженнях, визначали наступні показники: L – загальна довжина; l – мала довжина, Н – висота тіла найбільша; О – обхват тіла. На основі промірів і зважування вираховували індекси будови тіла: високоспинності (l/Н, %) та компактності (l/О, %). Коефіцієнт вгодованості (Кв, од.) визначали за Фультоном [23].

Хімічний склад м'язів риб досліджували за традиційними методами: масову частку жиру визначали екстракційним методом, вміст сухої речовини – випаровуванням при температурі 100–105°C, вміст протеїну – за методом К'ельдаля [24].

Для досліджень активності системи антиоксидантного захисту організму використовували зразки крові однорічок коропа. Концентрацію дієнових кон'югатів визначали за методом, що ґрунтується на реакції

оптичної густини гептанізопропанольного екстракту ліпідів [25]. Визначення концентрації тіобарбітуратової кислоти (ТБК-продуктів) проводили спектрофотометрично за кольоровою реакцією між малоновим діальдегідом і тіобарбітуровою кислотою [26]. Активність супероксиддисмутази (СОД) визначали за методом, що базується на відновленні нітротетразолію синього супероксидними радикалами, які утворюються у результаті реакції між феназинметасульфатом і відновленою формою нікотинаміддинуклеотиду [27], активність каталази – за зміною концентрації  $H_2O_2$  [28]. Визначення вмісту білка проводили за методом Бредфорд [29].

Статистичну обробку результатів проводили методом варіаційної статистики за допомогою функцій програми Microsoft Excel. Розраховували середні арифметичні величини (М) і похибки середніх арифметичних величин ( $\pm m$ ). Статистично вірогідну різницю показників оцінювали за t-критерієм Стьюдента. Різницю між значеннями середніх величин вважали статистично вірогідною при \*  $-P < 0.05$ ; \*\*  $-P < 0.01$ ; \*\*\*  $-P < 0.001$  [30].

**Результати досліджень та їх обговорення.** По закінченні досліду визначали вагові і морфометричні показники риб у експериментальних групах (табл. 2). Не встановлено значних відхилень показників основних індексів будови тіла риб, в усіх варіантах дослідження вони відповідали нормативним значенням для коропа [23]. Зокрема, індекс високоспинності (I/H) у межах варіантів коливався від 2.60 до 2.84%, за нормативних значень 2.3–3.0%. Це ж стосується і індексу компактності риб (I/O), що у нормі відповідає значенню 70–90%, а в експериментальних групах склав 80.75–84.25%. Відповідно, коефіцієнт вгодованості (Кв) у контрольних групах склав 2.85 од., а в дослідних коливався від 2.42 до 2.91 од., за нормативних значень 2.3–3.5 од.

По завершенню експерименту в усіх дослідних групах середня маса риб переважала показники відповідних контрольних груп.

В результаті введення 10% сорго до складу комбікорму на заміщення кукурудзи (дослід 1) середня маса риб була вищою на 9.8% порівняно з контролем 1. За введення 30% сорго на заміщення кукурудзи та пшениці (дослід 2) приріст маси був вище контролю 1 на 4.1%.

При використанні в годівлі 10% сорго у складі зерноsumіші на заміщення кукурудзи (дослід 3) та зерноsumіші без добавок сорго (контроль 2) середня маса однорічок коропа була практично однаковою. У досліді 4, за згодовування 60% пшениці із додаванням 40% сорго на заміщення зерноsumіші (кукурудза, горох, ячмінь, овес, макуха соєва) отримано на 11.3% вищий приріст маси порівняно з показником контролю 2, за згодовування зерноsumіші.

У контролі 1, де коропам згодовували комбікорм, середня маса була вищою на 5.9% відносно контролю 2, де згодовували зерноsumіш. Найвищою

середня маса риб була у досліді 1, а найнижчою у контролі 2. Тобто, відповідно до результатів розмірно-вагових показників, сорго доцільно використовувати в годівлі коропа на заміщення кукурудзи у складі комбікорму в кількості 10%, а також у комплексі із пшеницею у співвідношенні 40/60%, на заміщення кукурудзи, гороху, ячменю, вівса та макухи соєвої.

Таблиця 2. Розмірно-вагові показники однорічок коропа по закінченні експерименту (середнє значення)

Група риб	P, г	L, см	I, см	H, см	O, см	I/H, %	I/O, %	Кв, од
Контроль 1	82.9	17.1	14.5	5.3	11.9	2.74	82.07	2.85
Дослід 1	91.0	19.2	16.1	5.9	13.0	2.73	80.75	2.42
Дослід 2	86.3	19.0	15.6	5.5	12.8	2.84	82.05	2.53
Контроль 2	78.0	18.0	14.8	5.7	12.0	2.60	81.08	2.85
Дослід 3	78.6	17.1	14.2	5.2	11.6	2.73	81.69	2.59
Дослід 4	86.8	17.8	14.6	5.3	12.3	2.76	84.25	2.91

Примітка. Тут і надалі при проведенні статистичної обробки результатів показники контролю 1 взято за 100% відносно дослідів 1 та 2, а контролю 2 – відносно дослідів 3 і 4. Вірогідне відхилення: \* – P<0.05, \*\* – P<0.01, \*\*\* – P<0.001.

Відповідно до показників приросту, вивчали поживність м'язових тканин риб. Встановлено певні закономірності і тенденції накопичення жиру та вмісту протеїну в м'язах експериментальних груп риб (рис. 1).

У результаті введення сорго до складу повнораціонного комбікорму спостерігається тенденція до збільшення вмісту протеїну в м'язах, тобто поживність м'яса риб зростає на 2.5% в досліді 1 і на 23.3% в досліді 2 відносно показників контролю 1. Разом з цим, достовірно зменшується (P<0,01 – 0,001) вміст жиру у м'язах.

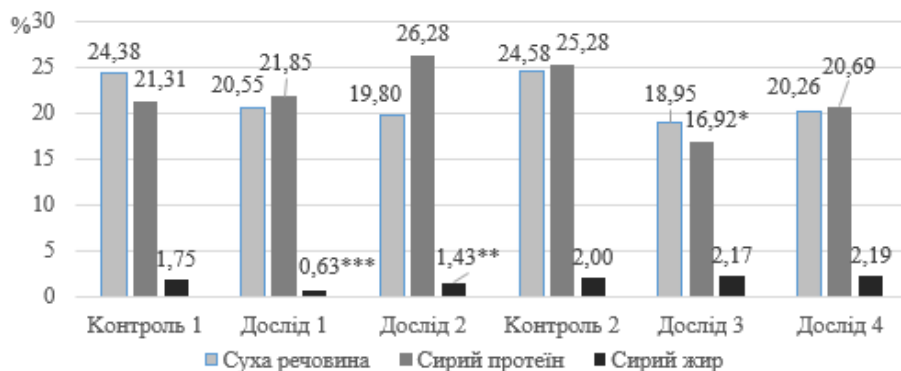


Рис. 1. Хімічний склад м'язових тканин однорічок коропа при згодовуванні сорго (M±m, n=5)

Обернена тенденція спостерігається при згодовуванні кормів з низькою поживністю. За згодовування сорго у складі зерноsumіші вміст жиру в м'язах дослідних груп 3 та 4 має тенденцію до зростання відповідно на 8.5 та 9.5% відносно контролю 2, а протеїну – навпаки знижується на 33.1 ( $P < 0,05$ ) та 18.2%.

Слід зазначити, що повнораціонні корми використовують в годівлі риб з метою отримання максимальних приростів в найкоротші терміни, проте часто це призводить до накопичення жиру в тканинах і ожиріння внутрішніх органів, що негативно впливає на функціональний стан організму загалом. Тобто, у випадку односезонного вирощування даний варіант є оптимальним, а в процесі зимівлі риб з метою подальшого вирощування і відтворення надмірне накопичення жиру викликає ряд проблем [3]. Аналізуючи отримані результати хімічного складу м'язових тканин, можна припустити, що додавання до збалансованих кормів сорго на заміщення кукурудзи і навіть пшениці в умовах виробництва дозволить збільшити енергетичну поживність м'яса (що є важливою споживчою характеристикою) і при цьому запобігти надмірному накопиченню жиру. Проте, дана гіпотеза потребує додаткової перевірки у повторних дослідженнях.

Оскільки відомо, що сорго притаманні антиоксидантні властивості [6], було визначено вміст антиоксидантних ферментів та продуктів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) у крові експериментальних груп риб (табл. 3).

Встановлено, що в усіх дослідних варіантах активність антиоксидантних ферментів, була нижчою, ніж у контрольних. Активність каталази у дослідях 1 та 2 була вдвічі нижчою, а СОД на 5.7–13.4% відповідно до контролю 1. У дослідях 3 і 4 тенденція була менш вираженою: каталази на 23.6 та 26.2%, СОД на 23.8 та 16.5% відносно контролю 2.

Разом з цим, практично в усіх дослідних групах вміст продуктів ПОЛ був нижчим, ніж у контрольних. За введення сорго до складу комбікорму вміст дієнових кон'югатів був нижчим вдвічі ( $P < 0.01$ – $0.001$ ), а ТБК-продуктів знизився на 30.1 і 38.5% у дослідях 1 та 2 відносно показників контролю 1. При згодовуванні 40% сорго із пшеницею на заміщення кукурудзи, гороху, ячменю, вівса та макухи соєвої у досліді 4 зафіксовано схожу закономірність: вміст дієнових кон'югатів був нижчим на 37.6%, ТБК-продуктів на 26.5% ( $P < 0.05$ ) відносно контролю 2.

При використанні в годівлі коропа сорго на заміщення кукурудзи у складі зерноsumіші в кількості 10% вміст дієнових кон'югатів зріс практично вдвічі ( $P < 0.01$ ) відносно контролю 2, проте вміст ТБК-продуктів зріс незначно (на 5.8%). Відомо, що розвиток функціональних розладів організму, зокрема захворювань, характеризується підвищенням ПОЛ і порушенням функціональної активності системи антиоксидантного захисту

організму [31]. Оскільки ТБК-продукти є кінцевим продуктом ПОЛ, то відмічена тенденція не є достовірною, проте вимагає додаткової перевірки.

Активіація антиоксидантних ферментів відбувається для збереження пероксидантно-антиоксидантного балансу в організмі у відповідь на дію прооксидантних чинників [31], кількість яких в процесі вирощування була мінімальною. Зниження активності антиоксидантних ферментів на фоні зниження вмісту продуктів ПОЛ у дослідних групах відносно контрольних може свідчити про те, що використання сорго в кормах для коропа є безпечним.

Таблиця 3. Активність антиоксидантних ферментів та вміст продуктів ПОЛ у крові досліджуваних груп риб ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )

Група риб	Каталаза, мкмоль $H_2O_2$ / хв.×мг білка	СОД, уо/хв.×мг білка	Дієновікон'югати, нмоль/мг білка	ТБК-продукти, нмоль/мг білка
Контроль 1	3.91±0.85	5.83±0.53	3.21±0.19	1.56±1.19
Дослід 1	1.70±0.43	5.50±0.04	1.04±0.07***	1.09±0.02
Дослід 2	1.58±0.34	5.05±0.05	1.33±0.14**	0.96±0.15
Контроль 2	2.75±0.97	6.13±1.66	2.87±0.29	1.21±0.05
Дослід 3	2.10±0.28	4.67±0.17	1.45±0.09**	1.28±0.24
Дослід 4	2.03±0.22	5.12±0.96	1.79±0.33	0.89±0.08*

**Висновки та перспективи.** У дослідженні розглянуто доцільність заміщення злакової складової кормів для коропа кормовим сорго на основі аналізу показників росту, хімічного складу м'язів та функціонального стану системи антиоксидантного захисту організму.

Загалом розмірно-вагові показники відібраних із загальної маси екземплярів коропа перебували в межах нормативних значень, що свідчить про те, що при проведенні експериментальних робіт дотримано правил добору, утримання і вирощування риб. Найвищі прирости маси отримано за використання сорго на заміщення кукурудзи у складі комбікорму в кількості 10%, а також у комплексі із пшеницею у співвідношенні 40/60%, на заміщення кукурудзи, гороху, ячменю, вівса та макухи соєвої.

Дослідження впливу згодовування сорго на деякі біохімічні показники організму коропа, здійснено відповідно до біологічних властивостей досліджуваної добавки.

Визначено тенденцію до збільшення вмісту протеїну та достовірне значне зниження вмісту жиру ( $P < 0,01 - 0,001$ ) у м'язах коропів, яким згодовували сорго у складі комбікорму. В результаті введення сорго до складу зерноsumіші отримано обернену тенденцію даних показників відносно контрольної групи: вміст жиру був дещо вищим, а протеїну нижче на 33.1 ( $P < 0,05$ ) та 18.2%.



Встановлено, що згодовування сорго однорічкам коропа не викликає активації системи антиоксидантного захисту, що відбувається за дії прооксидантних чинників.

Відповідно до аналізу отриманих результатів, сорго доцільно використовувати в годівлі коропа на заміщення кукурудзи, а також пшениці.

Відмічені тенденції потребують додаткової перевірки у виробничих умовах, що дозволить визначити оптимальний склад раціону серед досліджуваних. Шляхом застосування високоврожайних сортів сорго в годівлі коропа прогнозовано можна отримати економічно обґрунтовані результати.

## **ASSESSMENT OF THE EFFECT OF SORGHUM FEEDING ON CARP ORGANISM**

<sup>1</sup>*Deren O.V. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,*

<sup>2</sup>*Korylyak M.Z. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,*

<sup>2</sup>*Dobryanska O.P. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,*

<sup>1</sup>*Koba S.A. – Senior Research Fellow,*

<sup>1</sup>*Institute of Fisheries of the National Academy of Agricultural Sciences*

<sup>2</sup>*Transcarpathian Research Station of Salmon Breeding and Reproduction of Endangered Fish Species Institute of Fisheries of the National Academy of Agricultural Sciences,*

*derenj@ukr.net*

The urgent task of bream farming is to find feed components, the use of which is economically justified and capable of providing the biological needs of the fish body. Sorghum is promising in this context – a highly nutritious, easily digestible forage crop with antioxidant properties. Accordingly, the study considered the feasibility of replacing the cereal component of feed for carp with sorghum based on the analysis of growth indicators, the chemical composition of muscles and the functional state of the body's antioxidant defense system.

4 experimental and 2 control groups of one-year-old carp were formed, which for 35 days received a diet of the following composition: control 1 – compound feed; experiment 1 – compound feed with the addition of 10% sorghum to replace corn; experiment 2 – compound feed with the addition of 30% sorghum to replace corn and wheat; control 2 – grain mixture; experiment 3 – grain mixture with the addition of 10% sorghum to replace corn; experiment 4 – grain mixture with the addition of 40% sorghum to replace the grain mixture (corn, peas, barley, oats, soybean cake). The fodder variety of sorghum was used.

Upon completion of the research, it was established that the morphometric indicators of fish of all groups corresponded to the normative values for carp. The high-spin index was in the range of 2.60 – 2.84%, the compactness index was 80.75–84.25, the indicators of the fatness ratio ranged from 2.42 to 2.91. In experiments 1 and 2, the average weight of fish was higher by 9.8 and 4.1%, respectively, compared to control 1; in experiments 3 and 4 – by 0.8, 11.3% relative to control 2.

When analyzing the chemical composition of fish muscle tissues, a tendency towards an increase in the relative content of crude protein in experiments 1 and 2 relative to control 1 was established by 2.5 and 23.3%, respectively, while the relative content of crude fat was lower ( $P < 0.05 - 0.01$ ). As a result of the introduction of sorghum into the composition of the grain mixture, the reverse dynamics were obtained – the protein content in the muscles of the carp of experiments 3 and 4 was lower compared to control 2 by 33.1 ( $P < 0.05$ ) and 18.2%, and the fat content was higher by 8.5 and 9.5%, respectively.

It was established that in all experimental variants the activity of antioxidant enzymes in the blood of yearling carp was lower than in the control variants. At the same time, in almost all experimental groups, the content of lipid peroxidation products was lower than in the control group.

The analysis of the obtained data shows that it is advisable to use fodder sorghum as a substitute for corn and wheat in carp feeding.

Keywords: annual carp, fodder sorghum, feed component, growth, feed rate, nutrition, antioxidant protection system.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Сучасна аквакультура: від теорії до практики : практ. посіб. Ю. Є. Шарило, Н. М. Вдовенко, М. О. Федоренко, В. В. Герасимчук, Г. І. Небога та ін. Київ: Простобук, 2016. 119 с.
2. Грициняк І. І. Науково-практичні основи раціональної годівлі риб. Київ : Рибка моя, 2007. 306 с.
3. Тарасюк С. І., Дворецький А. І., Дерень О. В. Біологічні основи годівлі риб: монографія. Дніпро : Адверта, 2015. 180 с.
4. Lesk S., Rowhani P., Ramankutty N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, Vol. 529, 84–87. URL: <https://doi.org/10.1038/nature16467>
5. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., (10–12 квіт. 2019 р.). Київ–Миколаїв–Херсон : Агроосвіта, 2019. 490 с.
6. Kanti Meena, KBRS Visarada, D. K. Meena (2022). Sorghum bicolor (L.) Moench a multifarious crop-fodder to therapeutic potential and biotechnological applications: A future food for the millennium. *Future Foods*, Vol. 6, 100–188. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100188>
7. FAO. (2020). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2020. Rome. URL: <https://doi.org/10.4060/cb1329en>
8. R. D. Waniska, L. W. Rooney, C. M. McDonough (2016). Sorghum: Utilization. Edited by Colin Wrigley, Harold Corke, Koushik Seetharaman, Jon Faubion. *Encyclopedia of Food Grains (2-d edition)*, Academic Press, Vol. 3, 116–123. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00128-5>
9. Бардин Я. Сорго – перспективна зернова культура для аграріїв України. *Техніка і технології АПК*. 2017. № 4. С. 30–31.

10. *Sorghum and Millets Chemistry, Technology and Nutritional Attributes (2-d edition)*. (2018). Edited by John R. N. Taylor, Kwaku G. Duodu. AACCC International Press. 452 p. URL: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-00981-6>
11. Кононенко И. С. Использование сорго в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012. № 82. С. 825–842.
12. Кононенко С. И. Перспективы применения сорго в животноводстве. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. № 90. С. 549–580.
13. Zarei M., Amirkolaei A. K., Trushenski J. T., Sealey W. M., Schwarz M. H., Ovissipour R. (2022). Sorghumas a Potential Valuable Aquafeed Ingredient: Nutritional Quality and Digestibility. *Agriculture*, Vol. 12, 669. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050669>
14. Aderolu, Ademola Zaid, Kuton, Minasu Pentho, Odu-Onikosi, Sheu Gbolahan (2009). Substitution Effect of Sorghum Meal for Maize Meal in the Diet of Catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) Juvenile. *J. of Fisheries and Hidrobiology*, Vol. 4(2), 41–45.
15. Mariana Lins Rodrigues, Milena Souza dos Santos Sanchez, Jhonis Ernzen Pessini, Kattia Aparecida Weiler, Aginaldo Deparis, Wilson Rogério Boscolo, Fábio Bittencourt, Altevir Signor (2020). Replacement of corn by sorghum and phytase supplementation in silver catfish (*Rhamdia quelen*) diets: growth performance, physiological variables and bone mineralization. *Journal of Applied Animal Research*, Vol. 48(1), 142–150. URL: <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1750411>
16. Kemigabo C., Kang'ombe J., Jere L. W., Sikawa D., Masembe C. (2017). Apparent Digestibility and Utilization of Protein and Phosphorus in diets of incorporated with Sprouted Sorghum, Phytase and Protease Enzymes for African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Int J. Aquac Fish Sci*, Vol. 3(4), 77–87. URL: <https://doi.org/10.17352/2455-8400.000033>.
17. Tiamiyu L. O., Okomoda V. T., Ogado J. U. (2016). Growth Performance of *Clarias gariepinus* Fed Varying Levels of Sorghum bicolor Waste Meal. *International Journal of Aquaculture*, Vol. 6(20), 1–7. URL: <https://doi.org/10.5376/ija.2016.06.0020>.
18. Vuong H. R. (2017). Sorghum as source of ingredient to replace cassava for feeding *Pangasius* in Vietnam. URL: [https://www.sorghumcheckoff.com/assets/media/pdfs/2017\\_07\\_12\\_SorghumUseInAquaculture\\_.pdf](https://www.sorghumcheckoff.com/assets/media/pdfs/2017_07_12_SorghumUseInAquaculture_.pdf)
19. Wilson Massamitu Furuya, Antônio Cláudio Furlan, Valéria Rossetto Barriviera Furuya Sorghum apotential energy source in tilapia feed Global Aquaculture Advocate. 2003. URL: <https://www.globalseafood>.

- org/advocate/sorghum-a-potential-energy-source-in-tilapia-feed/(Last accessed: 24.08.2022).
20. Castagnolli N., de Felicio P. E. (2012). Substitution of corn by sorghum as fish food of common carp and tilapia. *Cienciae Cultura*, Vol. 27(5), 532–537.
  21. Склярів, Ф. В. Ефективність використання люпина і сорго в комбікормах для молоді осетрових і карпа: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.10. Москва, 2003. 23 с.
  22. Косарева, Т. В., Васильєв А. А., Пашкова О. Н. Ефективність використання зерна сорго як нетрадиційного корма при вирощуванні карпа. *Вестник Саратовського госагроуніверситету ім. Н.І. Вавилова*. 2013. № 2. С. 19–21.
  23. Соболев О. І. Методичні вказівки для практичних занять з навчальної дисципліни «Технологія виробництва продукції аквакультури». Біла Церква : БДАУ, 2020. 38 с.
  24. Методики зоотехнічних і біохімічних аналізів кормів, продуктів обміну і тваринницької продукції. Дубровиці : ВНИИЖ, 1978. 128 с.
  25. Стальная И. Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот. *Современные методы в биохимии*. 1977. С. 63–64.
  26. Коробейникова Е. Н. Модификация определения продуктов перекисного окисления липидов в реакции с тиобарбитуровой кислотой. *Лабораторное дело*. 1989. № 7. С. 8–9.
  27. Дубинина Е. Е., Сальникова Л. А., Ефимова Л. Ф. Активность и изоферментный спектр супероксиддисмутазы эритроцитов и плазмы крови человека. *Лабораторное дело*. 1983. № 10. С. 30–33.
  28. Королюк М. А., Иванова Л. И., Майорова И. Г. Метод определения активности каталазы. *Лабораторное дело*. 1988. № 1. С. 16–19.
  29. Bradford M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, Vol. 72, 248–254.
  30. Камінський В. Ф., Буслаєва Н. Г. Основи прикладного математичного аналізу в сільськогосподарських дослідженнях. Методичні рекомендації. Київ, 2011. 28 с.
  31. Зинчук В. В., Борисюк М. В. Роль кислородосвязывающих свойств крови в поддержании прооксидантно-антиоксидантного равновесия организма. *Успехи физиологических наук*. 1999. Т. 30, № 3. С. 38–48.

## REFERENCES

1. Sharylo Yu. Ie., Vdovenko N. M., Fedorenko M. O., Herasymchuk V. V., Neboha H. I., Haidamaka L. A. et al. (2016). *Suchasna akvakultura: vid teorii do praktyky. Praktychnyi posibnyk*. [Modern aquaculture: from theory to practice: practice manual]. Kyiv: Prostobuk. [in Ukrainian].
2. Hrytsyniak I. I. (2007). *Naukovo-praktychni osnovy ratsionalnoi hodivli ryb*. [Scientific and practical basis of rational fish feeding]. Kyiv : Rybka moia. [in Ukrainian].
3. Tarasiuk S. I., Dvoretzkyi A. I., Deren O. V. (2015). *Biologichni osnovy hodivli ryb : monohrafiia*. [Biological basis of fish feeding: monograph]. Dnipro : Advarta. [in Ukrainian].
4. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, Vol. 529, 84–87. URL: <https://doi.org/10.1038/nature16467>.
5. *Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vyklyky dlia ahrarnoi nauky ta osvity* (2019). [Climate change and agriculture. Challenges for agricultural science and education]. II Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Kyiv–Mykolaiv–Kherson : Ahrosvita [in Ukrainian].
6. Kanti Meena, KBRS Visarada, D. K. Meena (2022). Sorghum bicolor (L.) Moench a multifarious crop-fodder to therapeutic potential and biotechnological applications: A future food for the millennium. *Future Foods*, Vol. 6, 100–188. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100188>
7. FAO. (2020). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2020. Rome. URL: <https://doi.org/10.4060/cb1329en>
8. R. D. Waniska, L. W. Rooney, C. M. McDonough (2016). Sorghum: Utilization. Edited by Colin Wrigley, Harold Corke, Koushik Seetharaman, Jon Faubion. *Encyclopedia of Food Grains (2-d edition)*, Academic Press, Vol. 3, 116–123. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00128-5>
9. Bardyn Ya. (2017). *Sorho – perspektyvna zernova kultura dlia ahrariiv Ukrainy*. [Sorghum is a promising grain crop for Ukrainian farmers]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*, 4, 30–31. [in Ukrainian].
10. *Sorghum and Millets Chemistry, Technology and Nutritional Attributes (2-d edition)*. (2018). Edited by John R. N. Taylor, Kwaku G. Duodu. AACC International Press. URL: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-00981-6>
11. Kononenko I. S. (2012). *Ispolzovaniye sorgo v kormlenii selskokhozyaystvennykh zhyvotnykh i ptitsy*. [The use of sorghum in feeding farm animals and poultry]. *Politematicheskyy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 82, 825–842. [in Russian].
12. Kononenko S. I. (2013). *Perspektivy primeneniya sorgo v zhyvotnovodstve*. [Prospects for the use of sorghum in animal husbandry].

- Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 90, 549–580. [in Russian].
13. Zarei M., Amirkolaei A. K., Trushenski J. T., Sealey W. M., Schwarz M. H., Ovissipour R. (2022). Sorghumas a Potential Valuable Aquafeed Ingredient: Nutritional Quality and Digestibility. *Agriculture*, Vol. 12, 669. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050669>
  14. Aderolu, Ademola Zaid, Kuton, Minasu Pentho, Odu-Onikosi, Sheu Gbolahan (2009). Substitution Effect of Sorghum Meal for Maize Meal in the Diet of Catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) Juvenile. *J. of Fisheries and Hydrobiology*, Vol. 4(2), 41–45.
  15. Mariana Lins Rodrigues, Milena Souza dos Santos Sanchez, Jhonis Ernzen Pessini, Kattia Aparecida Weiler, Agnaldo Deparis, Wilson Rogério Boscolo, Fábio Bittencourt, Altevir Signor (2020). Replacement of corn by sorghum and phytase supplementation in silver catfish (*Rhamdia quelen*) diets: growth performance, physiological variables and bone mineralization. *Journal of Applied Animal Research*, Vol. 48(1), 142–150. URL: <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1750411>
  16. Kemigabo C., Kang'ombe J., Jere L. W., Sikawa D., Masembe C. (2017). Apparent Digestibility and Utilization of Protein and Phosphorus in diets of incorporated with Sprouted Sorghum, Phytase and Protease Enzymes for African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Int J. Aquac Fish Sci*, Vol. 3(4), 77–87. URL: <https://doi.org/10.17352/2455-8400.000033>
  17. Tiamiyu L. O., Okomoda V. T., Ogodo J. U. (2016). Growth Performance of *Clarias gariepinus* Fed Varying Levels of Sorghum bicolor Waste Meal. *International Journal of Aquaculture*, Vol. 6(20), 1–7. URL: <https://doi.org/10.5376/ija.2016.06.0020>
  18. Vuong H. R. (2017). Sorghum as source of ingredient to replace cassava for feeding *Pangasius* in Vietnam. URL: [https://www.sorghumcheckoff.com/assets/media/pdfs/2017\\_07\\_12\\_SorghumUseInAquaculture\\_.pdf](https://www.sorghumcheckoff.com/assets/media/pdfs/2017_07_12_SorghumUseInAquaculture_.pdf)
  19. Wilson Massamitu Furuya, Antônio Cláudio Furlan, Valéria Rossetto Barriviera Furuya Sorghum apotential energy source in tilapia feed Global Aquaculture Advocate. 2003. URL: <https://www.globalseafood.org/advocate/sorghum-a-potential-energy-source-in-tilapia-feed/> (Last accessed: 24.08.2022).
  20. Castagnolli N., de Felicio P. E. (2012). Substitution of corn by sorghum as fish food of common carp and tilapia. *Cienciae Cultura*, Vol. 27(5), 532–537.
  21. Skliarov F. V. (2003). *Effektivnost ispolzovaniya lyupina i sorgo v kombikormakh dlya molodi osetrovyykh i karpa* [Efficiency of using lupine and sorghum in compound feed for sturgeon and carp fry]. Extended abstract of PhD thesis. Moscow. [in Russian].

22. Kosareva T. V., Vasilev A. A., Pashkova O. N. (2013). *Effektivnost ispolzovaniya zerna sorgo kak netraditsionnogo korma pri vyrashchivanii karpa*. [Efficiency of using sorghum grain as non-traditional feed for carp cultivation]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova*, 2, 19–21. [in Russian].
23. Soboliev O. I. (2020). *Metodychni vказivky dlia praktychnykh zaniat z navchalnoi dystsypliny «Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii akvakultury»*. [Methodical instructions for practical classes in the educational discipline «Technology of production of aquaculture products»]. Bila Tserkva: BDAU. [in Ukrainian].
24. *Metodyky zootekhnycheskykh i byokhymycheskykh analizov kormov, produktov obmena i zhyvotnovodcheskoi produktsyy* (1978). [Methods of zootechnical and biochemical analyzes off odder, exchange products and livestock production]. Dubrovyts: VNYYZh. [in Russian].
25. Stal'naja I. D. (1977). *Metod opredelenija dienovoj kon'jugacii nenasyshhenyh vysshih zhirnih kislot*. [Method for determination of diene conjugation of unsaturated higher fatty acids]. *Sovremennye metody v biohimii*, 63–64. [in Russian].
26. Korobejnikova E. N. (1989). *Modifikacija opredelenija produktov perekisnogo okislenija lipidov v reakcii s tiobarbiturovoj kislotoj*. [Modification of determination of products of lipid peroxidation in reaction with thiobarbituric acid]. *Laboratornoe delo*, 7, 8–9. [in Russian].
27. Dubinina E. E., Sal'nikova L. A., Efimova L. F. (1983). *Aktivnost' i izofermentnyj spektr superoksid dismutazyj eritrocitov i plazmy krovi cheloveka*. [Activity and isoenzyme spectrum of superoxide dismutase of erythrocytes and human blood plasma]. *Laboratornoe delo*, 10, 30–33. [in Russian].
28. Koroljuk M. A., Ivanova L. I., Majorova I. G. *Metod opredelenija aktivnosti katalazy*. [Method for determining catalase activity]. *Laboratornoe delo*, 1, 16–19. [in Russian].
29. Bradford M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, Vol. 72, 248–254.
30. Kaminskyi V. F., Buslaieva N. H. (2011). *Osnovy prykladnoho matematychnoho analizu v silskohospodarskykh doslidzhenniakh. Metodychni rekomendatsii*. [Basics of applied mathematical analysis in agricultural research. Guide lines]. Kyiv. [in Ukrainian].
31. Zinchuk V. V., Borisyuk M. V. (1999). *Rol kislorodosviazivayushchikh svoystv krovi v podderzhanii prooksidantno-antioksidantnogo ravnovesiya organizma*. [The role of oxygen-binding properties of blood in maintaining the prooxidant-antioxidant balance of the body]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, 30(3), 38–48. [in Russian].