Ribogospod. nauka Ukr., 2026; 1(75): 264-283
DOI: https://doi.org/10.61976/fsu2026.01.264
UDC [639.371.52:639.311]:639.3.043.13

Received: 29.01.2026
Received in revised form: 04.03.2026
Published: 31.03.2026

RESULTS OF GROWING AGE-1+ COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO* LINNAEUS, 1758) IN PONDS WITH THE INTRODUCTION OF MICROALGAE TO THEIR FEED COMPOSITION

A. Tybinka, andriyzluy001@gmail.com, ORCID ID 0009-0004-8192-4260, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv
O. Bernakevych, frishtakolena@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-9144-8534, Lviv Research Station of the Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Velykyj Lubin
O. Dobrianska, olya_dobryanska@ukr.net, ORCID ID 0000-0001-7238-5059, Lviv Research Station of the Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Velykyj Lubin
E. Varlamov, varlamovbc@gmail.com, Chlorella Ukraine LLC, Bila Tserkva

Purpose. *To investigate the productive performance of age-1+ common carp when partially replacing meat-and-bone meal with different amounts of a mixture of dry microalgae chlorella (Chlorella vulgaris) and spirulina (Spirulina platensis) as part of the main diet when growing carp in ponds.*

Methodology. *The study was conducted in 2025 at the fishery of "Karpatskyi vodogray" LLC in the Pustomyty district of the Lviv region on three ponds, two of which were experimental and one was a control pond. The ponds were stocked with age-1 scaly carp with an average weight of 339.6–342.8 g at a stocking density of 1000 ind./*

РЕЗУЛЬТАТИ ВИРОЩУВАННЯ ДВОЛІТОК КОРОПА (*CYPRINUS CARPIO* LINNAEUS, 1758) В СТАВАХ ІЗ ВВЕДЕННЯМ ДО СКЛАДУ КОРМУ МІКРОВОДОРОСТЕЙ

А. Р. Тибінка, andriyzluy001@gmail.com, ORCID ID 0009-0004-8192-4260, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ
О. М. Бернакевич, frishtakolena@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-9144-8534, Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства Національної академії аграрних наук України, смт Великий Любінь
О. П. Добрянська, olya_dobryanska@ukr.net, ORCID ID 0000-0001-7238-5059, Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства Національної академії аграрних наук України, смт Великий Любінь
Є. В. Варламов, varlamovbc@gmail.com, ТОВ «Хлорелла Україна», м. Біла Церква

Мета. *Дослідити продуктивні показники дволіток коропа за часткової заміни м'ясо-кісткового борошна на різну кількість суміші сухих мікроводоростей хлорели (Chlorella vulgaris) та спіруліни (Spirulina platensis) у складі основного раціону при вирощуванні коропа в умовах ставів.*

Методика. *Дослідження проведено в 2025 р. на базі рибного господарства ТзОВ «Карпатський водограй» Пустомитівського району Львівської області на трьох ставах, два з яких дослідні та один контрольний. Стави зарибнювали однорічками лускатого коропа середньою*

© The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ha. The control group of fish was fed with a balanced compound feed with a protein content of 23-24%, and the two experimental groups were fed a mixture of dry microalgae of chlorella and spirulina in an amount of 3.0% (Experiment 1) and 5.0% (Experiment 2) during a 65-day growing period. Control over the conditions of the aquatic environment was carried out using generally accepted methods in fish farming.

Findings. *During the experimental period, optimal conditions for growing carp were provided. The main parameters of the chemical composition of the pond water met fish farming standards, and the average biomass of zooplankton and zoobenthos for the cultivation period ranged from 4.52 to 9.00 g/m^3 and 0.91 to 2.15 g/m^2, respectively. It was found that the use of a mixture of microalgae at an amount of 3.0 and 5.0% in feeding age-1+ carp had a positive effect on productive parameters, namely: the average fish weight exceeded that of the control group by 12.3 and 20.6%, respectively, and fish productivity increased by 21.4 and 32.2%. At the same time, feed costs for growing carp decreased by 16.3 (Experiment 1) and 26.5% (Experiment 2) compared to the control.*

Originality. *For the first time in Ukraine, the effect of a mixture of dry microalgae with the aim of partially replacing meat-and-bone meal when introducing them into the main diet of age-1+ carp on productive parameters and feed consumption during cultivation has been studied.*

Practical Value. *The results obtained indicate that use of a mixture of dry microalgae to partially replace meat and bone meal in compound feeds leads to an increase in the productive parameters of carp and the prospect of further studying the effect of a mixture of microalgae on the physiological and biochemical parameters of the body of age-1+ carp.*

Keywords*: microalgae, chlorella, spirulina, carp, fish productivity, feed consumption, hydrochemical regime, hydrobiological regime.*

масою 339,6–342,8 г за щільності посадки 1000 екз./га. Контрольній групі риб згодовували збалансований комбікорм із вмістом білка на рівні 23-24%, а двом дослідним групам — із заміною м'ясо-кісткового борошна на суміш сухих мікроводоростей хлорели та спіруліни в кількості 3,0% (Дослід 1) та 5,0% (Дослід 2) упродовж 65 діб періоду вирощування. Контроль умов водного середовища здійснювали, застосовуючи загальноприйняті в рибництві методики.

Результати. *Впродовж експериментального періоду забезпечено оптимальні умови для вирощування коропа. Основні показники хімічного складу ставової води відповідали рибницьким нормативам, а середні показники біомаси кормових організмів зоопланктону та зообентосу за період вирощування перебували в межах від 4,52 до 9,00 г/м^3 та 0,91–2,15 г/м^2 відповідно. Встановлено, що використання в годівлі дволіток коропа суміші мікроводоростей у кількості 3,0 і 5,0% позитивно вплинуло на продуктивні показники: середня маса риб перевищувала показники контрольної групи відповідно на 12,3 та 20,6%, а рибопродуктивність збільшилась на 21,4 та 32,2%. При цьому витрати кормів на вирощування коропа зменшилися на 16,3 (Дослід 1) та 26,5% (Дослід 2) відносно контролю.*

Наукова новизна. *Вперше в Україні досліджено вплив суміші сухих мікроводоростей з метою часткової заміни м'ясо-кісткового борошна при введенні їх до основного раціону дволіток коропа на продуктивні показники та витрати кормів при вирощуванні.*

Практична значущість. *Отримані результати свідчать, що згодовування суміші сухих мікроводоростей з метою часткової заміни м'ясо-кісткового борошна в складі комбікормів приводить до підвищення продуктивних показників коропа, та показують перспективу подальшого вивчення впливу суміші мікроводоростей на фізіологічні та біохімічні показники організму дволіток.*

Ключові слова*: мікроводорості, хлорела, спіруліна, короп, рибопродуктивність, витрати корму, гідрохімічний режим, гідробіологічний режим.*

PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

The rational use of artificial feeds as well as scientifically based rationing and balancing of rations ensure an increase in the productive and qualitative characteristics of fish products and economic efficiency in the process of fish farming [1–4].

Common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), as a traditional fish farming object in domestic and global aquaculture, which requires balanced compound feeds with sufficient protein levels to ensure high fish productivity [5]. In modern conditions, there is a trend towards an increase in the cost of traditional highly nutritious components of compound feeds, a decrease in the dependence on fishmeal and soybean meal, and a minimization of the ecological burden on the environment [6, 7]. Therefore, the problem of finding methods to optimize the use of feed nutrients, which makes allows including proteins of plant origin in fish feeds, thereby reducing their cost, has become particularly important.

In this aspect, microalgae are promising as an effective substitute for fish meal and fish oil in compound feeds and an alternative source of food and feed protein due to their high content (40–70%) of protein, vitamins, trace elements, balanced amino acid composition and the presence of bioactive compounds such as carotenoids, phycocyanin, β glucans and long-chain omega 3 fatty acids [8–11].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Раціональне використання штучних кормів, а також науково обґрунтоване нормування та балансування раціонів забезпечують підвищення продуктивних і якісних характеристик рибної продукції та економічної ефективності в процесі вирощування риби [1–4].

Короп (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) як традиційний об'єкт риборозведення у вітчизняній і світовій аквакультурі потребує збалансованих комбікормів із достатнім рівнем білка для забезпечення високих показників рибопродуктивності [5]. В сучасних умовах прослідковується тенденція до зростання вартості традиційних високопоживних компонентів комбікормів, зниження залежності від рибного борошна та соєвого шроту, а також мінімізація екологічного навантаження на довкілля [6, 7]. Тому особливої актуальності набула проблема пошуку методів оптимізації використання поживних речовин кормів, що надає змогу включати до їхнього складу білки рослинного походження, тим самим знижуючи вартість рибних кормів.

У даному аспекті перспективними є мікроводорості як ефективний замінник рибного борошна та риб'ячого жиру в комбікормах та альтернативне джерело харчового та кормового білка завдяки високому вмісту протеїну (40–70%), вітамінів, мікроелементів, збалансованому амінокислотному складу та наявності біоактивних сполук, таких як каротиноїди, фікоціанін, β-глюкани та довголанцюгові омега-3 жирні кислоти [8–11].

HIGHLIGHT OF THE EARLIER UNRESOLVED PARTS OF THE GENERAL PROBLEM. AIM OF THE STUDY

Scientific studies in recent years confirm the effectiveness of using microalgae, namely chlorella (*Chlorella vulgaris*) and spirulina (*Spirulina platensis*) in feeding various fish species, in particular common carp [12–14]. Feeding chlorella when replacing up to 50% of fishmeal was shown to stimulate growth performance and increase the natural resistance of dorado (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) [15], and the introduction of spirulina into the feed increases the feed conversion ratio and antioxidant status of Atlantic salmon (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) [16]. The effectiveness of replacing 50 and 100% of fish meal with microalgae (*Spirulina* and *Chlorella vulgaris*) when giving them to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) has been proven, analyzing the productivity during the cultivation process and the physiological status of fish [17].

Given the above, and analyzing current scientific studies, it is advisable to study the effectiveness of the effect of using microalgae on the productive parameters of carp. Therefore, the aim of the work was to study and analyze the use of a mixture of dry microalgae chlorella and spirulina in the main diet of age-1+ carp in order to partially replace meat-and-bone meal.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Наукові дослідження останніх років підтверджують ефективність використання мікроводоростей — хлорели (*Chlorella vulgaris)* та спіруліни (*Spirulina platensis)* — в годівлі різних видів риб, зокрема коропа [12–14]. Встановлено, що згодовування хлорели при заміні до 50% рибного борошна стимулює швидкість росту та підвищує природну резистентність організму спара (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) [15], а введення до корму спіруліни підвищує коефіцієнт конверсії корму та антиоксидантний статус організму атлантичного лосося (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) [16]. Доведено ефективність заміни 50 і 100% рибного борошна мікроводоростями (*Spirulina* і *Chlorella vulgaris*) при згодовуванні їх райдужній форелі (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792), на основі аналізу продуктивності в процесі культивування та фізіологічного статусу організму риби [17].

З огляду на викладене вище та відповідно до результатів аналізу актуальних наукових досліджень, доцільним є вивчення ефективності впливу згодовування мікроводоростей на продуктивні показники коропа. Тому метою роботи було вивчення та аналіз використання суміші сухих мікроводоростей хлорели та спіруліни в складі основного раціону дволіток коропа з метою часткової заміни м'ясо-кісткового борошна.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at the fish farm of "Karpatskyi vodogray" LLC, Pustomyty, Lviv region, in conditions of pond-analogues with a single source of water supply. Experimental microalgae supplements were used in feeding carp, namely: chlorella powder (Chlorella

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводили на базі рибного господарства ТзОВ «Карпатський водограй», м. Пустомити Львівської області, в умовах ставів-аналогів із єдиним джерелом водопостачання. У годівлі коропа використовували експериментальні добавки мікроводоростей

Ukraine LLC, Bila Tserkva) and spirulina (FoodPortal, Brovary).

Three experimental ponds with areas of 0.15–0.20 ha were used for the work, two of which were experimental and one was a control pond. The experimental ponds were stocked with age-1 scaly carp with an average weight of 339.6–342.8 g at the rate of 1000 ind./ha, selected by randomization. Feeding was carried out with balanced compound feed with a protein content of 23.0–24.0%. Fish in the control group (Control) received granulated feed of the following composition, %: grain mixture – 70, sunflower meal – 22, meat-and-bone meal – 8. A mixture of dry microalgae in equal amounts was introduced into the diet of carp in the experimental groups by granulation: Experiment 1 – to replace 3% of meat and bone meal, Experiment 2 – to replace 5% of meat and bone meal. Experimental feeding lasted 65 days (July-September).

In order to ensure optimal environmental conditions for growing carp, systematic monitoring of the temperature, hydrochemical and hydrobiological regimes of experimental ponds was carried out during the growing season. At the same time, the dynamics of changes in biogenic elements, organic matter content, gas regime and development of the natural feed supply were analyzed.

Water samples for chemical studies were taken once a month and analyzed in a certified laboratory of the Lviv Research Station of the Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences using generally accepted methods [18]. The compliance of the results of the analyses was assessed according to the state standard SOU 05.01–37–385:2013 [19].

Monthly sampling of zooplankton and zoobenthos, their preservation and lab processing were carried out according to generally accepted methods [18]. The species composition of invertebrates was deter-

— порошки хлорели (ТОВ «Хлорелла Україна», м. Біла Церква) та спіруліни («FoodPortal», м. Бровари).

Для проведення робіт було задіяно три експериментальні стави площею 0,15–0,20 га, два з яких дослідні та один контрольний. Дослідні стави зарибнювали відібраними методом рендомізації однорічками лускатого коропа середньою масою 339,6–342,8 г із розрахунку 1000 екз./га. Годівлю проводили збалансованим комбікормом із вмістом білка в межах 23,0–24,0%. Риби контрольної групи (Контроль) отримували гранульований корм наступного складу, %: зерносуміш — 70, шрот соняшниковий — 22, м'ясо-кісткове борошно — 8. До раціону коропів дослідних груп методом гранулювання введено суміш сухих мікроводоростей у рівних кількостях: Дослід 1 — на заміщення 3% м'ясо-кісткового борошна, Дослід 2 — на заміщення 5% м'ясо-кісткового борошна. Експериментальна годівля тривала 65 діб (липень–вересень).

З метою забезпечення оптимальних умов середовища при вирощуванні коропа впродовж вегетаційного періоду здійснювали систематичний контроль температурного, гідрохімічного та гідробіологічного режимів експериментальних ставів. При цьому аналізували динаміку зміни концентрації біогенних елементів, вмісту органічної речовини, газового режиму та розвитку природної кормової бази.

Відбір проб води для хімічних досліджень здійснювали раз на місяць та аналізували їх в атестованій лабораторії Львівської дослідної станції ІРГ НААН за загальноприйнятими методиками [18]. Відповідність результатів проведених аналізів оцінювали за СОУ 05.01–37–385:2013 [19].

Щомісячний відбір проб зоопланктону та зообентосу, їх фіксацію та камеральну обробку проводили за загальноприйняти-

mined using the main identification keys [20–22]. When calculating the production of zooplankton and zoobenthos and the increase in fish production due to them, the P/B and feed coefficients known from the literature [23] were used, as well as a correction of 0.5 due to the shortened period of experimental cultivation of age-1+ carp.

During the period of cultivation in ponds, food was fed to fish once a day in the morning [24]. Feeding rationing was carried out taking into account the fish weight and the main parameters of the growing environment [25]. After the completion of the experimental works, the fish were harvested and the survival rate of fish, their average and total weight, average daily growth and morphometric parameters were determined. The individual fish weight (W) was determined by weighing them on scales with an accuracy of 0.1 g; linear parameters (L, l, C, H, G), on the basis of which the body structure indices were calculated: body length to height ratio (l/H), compactness index, or body girth index (l/G) and head length index (C/L); Fulton's condition factor (CF). To determine the total fish productivity, the total growth of all grown fish was divided by the area of the experimental pond [26, 27]. The feed conversion ratio was calculated by the ratio of the total amount of feed fed to the total weight gain of the fish during the growing period.

Statistical processing of the material was carried out using the standard MS EXCEL statistical package. We calculated the arithmetic mean (M), standard error (m) and power (P). Statistically significant differences in parameters were assessed using the Student's t-test.

ми методиками [18]. Визначення видового складу безхребетних здійснювали, використовуючи основні визначники [20–22]. При розрахунках продукції зоопланктону і зообентосу та приросту рибопродукції за їх рахунок використовували відомі із літератури P/B- та кормові коефіцієнти [23], а також поправку 0,5 через скорочений період експериментального вирощування дволіток коропа.

Упродовж періоду вирощування в умовах ставів корм згодовували рибам один раз на добу в ранковий час [24]. Нормування годівлі здійснювали, враховуючи масу риб та основні параметри середовища вирощування [25]. Після завершення дослідних робіт проводили облов ставів і визначали виживаність риб, їхню середню та загальну масу, середньодобовий приріст і морфометричні показники. Визначали індивідуальну масу риб (M), зважуючи її на терезах з точністю до 0,1 г; лінійні показники (L, l, C, H, O), на основі яких здійснили розрахунок індексів тілобудови: індекс високоспинності (l/H), індекс компактності, або обхвату тіла (l/O), та індекс довжини голови (C/L); коефіцієнт вгодованості (Кв) за Фультоном. Для встановлення загальної рибопродуктивності сумарний приріст усіх вирощених риб ділили на площу дослідного ставу [26, 27]. Коефіцієнт конверсії корму обчислювали за відношенням загальної кількості згодованого корму до загального приросту маси риби за період вирощування.

Статистичну обробку матеріалу здійснювали за допомогою стандартного пакету статистичних програм «Microsoft Excel». Обчислювали середні арифметичні величини (M), середню квадратичну помилку (m) і вірогідність різниць (P) між досліджуваними середньоарифметичними величинами. Статистично вірогідну різницю показників оцінювали за t-критерієм Стьюдента.

STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

The water temperature during the experimental work ranged from 19 to 24°C with minimum values in September and maximum values in August.

The hydrochemical regime of the ponds did not differ significantly, since it mainly depended on the chemical composition of the water of their only source of water supply – the Stavchanka River, which is a tributary of the Shchyrka River and belongs to the Dniester River basin.

Analysis of the results of hydrochemical studies shows that pH of the environment was slightly alkaline with a maximum value of 8.4 in the fall (Table 1), which had a positive effect on the productivity of the ponds.

The permanganate oxidation, which is a marker of the presence of easily oxidizable organic substances in water, was within 6.4–14.9 mg O/dm^3, which did not exceed regulatory values and indicated the purity of the aquatic environment from easily oxidizable organic compounds. It is known that the value of permanganate oxidation and water temperature directly affect the amount of dissolved oxygen. The content of the latter, both in the control and experimental ponds, was within the optimal values, ranging from 4.2 to 8.0 mg O_2/dm^3 (Table 1).

It should be noted the minimal amounts of nitrites in the water of the experimental ponds, the average values of which ranged from 0.002 to 0.014 mg N/dm^3. Maximum nitrate concentrations (0.31 mg N/dm^3) were recorded only at the end of the study period due to the slowdown of biochemical processes in water bodies.

The amount of ammonium nitrogen in all ponds during the experimental period did not exceed the industry standard values and ranged from 0.02 to 0.44 mg N/dm^3,

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Температура води впродовж проведення експериментальних робіт коливалась у межах від 19 до 24°С з мінімальними значеннями у вересні та максимальними — в серпні.

Гідрохімічний режим ставів суттєво не відрізнявся, оскільки в основному залежав від хімічного складу води єдиного для них джерела водопостачання — р. Ставчанки, що є притокою р. Щирки та належить до басейну р. Дністер.

Аналіз результатів гідрохімічних досліджень свідчить, що водневий показник (pH) середовища був слаболужним із максимальним значенням 8,4 восени (табл. 1), що позитивно впливало на продуктивність ставів.

Показник перманганатної окиснюваності перебував у межах 6,4–14,9 мг О/дм^3 та не перевищував нормативних значень, що вказувало на чистоту водного середовища від легкоокиснюваних органічних сполук. Відомо, що значення перманганатної окиснюваності та температури води безпосередньо впливають на кількість розчиненого у ній кисню. Вміст останнього, як у контрольному, так і в дослідних ставах, перебував у межах оптимальних величин, коливаючись від 4,2 до 8,0 мг O_2/дм^3 (див. табл. 1).

Слід звернути увагу на мінімальні кількості нітритів у воді дослідних ставів, середні значення яких коливалися від 0,002 до 0,014 мг N/дм^3. Максимальні показники концентрації нітратів (0,31 мг N/дм^3) зафіксовані лише наприкінці періоду дослідження за сповільнення біохімічних процесів у водоймах.

Кількість амонійного азоту в усіх ставах упродовж експериментального періоду не перевищувала значень галузевого стандарту та коливалась у межах від 0,02 до 0,44 мг N/дм^3, повільно знижуючись до осені.

Table 1. **Chemical composition of water in experimental ponds of the "Karpatskyi vodogray" LLC farm, 2025, min–max/med**

Parameters	pond No. 1 (Control)	pond No. 2 (Experiment 1)	pond No. 3 (Experiment 2)	Normative values [19]
pH	7.5–8.3 / 7.8	7.6–8.4 / 8.0	7.5–8.2 / 7.9	7.0–8.5
Permanganate oxidation, mg O/dm^3	6.4–14.9 / 10.5	6.7–14.2 / 10.2	8.0–14.1 / 10.5	15.0
Alkalinity, mg-eq./dm^3	4.7–5.6 / 5.2	4.5–5.3 / 4.8	4.6–5.2 / 4.9	3.0–6.0
Hydrocarbonates, HCO_3^-, mg/dm^3	286.7–341.6 / 317.3	274.5–323.3 / 294.4	280.6–317.2 / 300.9	300.0–400.0
Nitrites, NO_2^-, mg N/dm^3	0.005–0.030 / 0.002	0.003–0.012 / 0.008	0.004–0.028 / 0.014	0.1
Ammonium nitrogen, NH_4^+, mg N/dm^3	0.05–0.27 / 0.15	0.03–0.19 / 0.11	0.02–0.44 / 0.26	2.0
Nitrates, NO_3^-, mg N/dm^3	0.01–0.31 / 0.13	0.02–0.19 / 0.08	0.02–0.12 / 0.07	≤2.0
Phosphates, PO_4^{3-}, mg P/dm^3	0.08–0.28 / 0.17	0.18–0.37 / 0.30	0.13–0.42 / 0.25	0.70
Total ferum, Fe^{2+}+ Fe^{3+}, mg Fe/dm^3	0.34–0.52 / 0.42	0.18–0.47 / 0.32	0.31–0.44 / 0.36	1.0
Total hardness, mg-eq./dm^3	4.5–5.9 / 5.0	4.2–4.7 / 4.5	4.6–5.9 / 5.3	3.0–7.0
Calcium, Ca^{2+}, mg/dm^3	74.6–100.8 / 86.1	72.8–81.0 / 77.6	76.8–97.2 / 87.4	50.0–70.0
Magnesium, Mg^{2+}, mg/dm^3	6.8–10.9 / 9.0	6.8–8.8 / 7.8	9.2–13.1 / 11.1	30.0
Chlorides, Cl^-, mg/dm^3	33.6–40.0 / 36.7	33.0–40.0 / 35.7	28.5–40.2 / 33.2	50.0–70.0
Sulfates, SO_4^{2-}, mg/dm^3	102.4–106.2 / 104.3	100.3–105.7 / 103.6	98.4–106.3 / 103.3	50.0–70.0
Sodium+Potassium, Na^++K^+, mg/dm^3	67.5–101.5 / 84.2	81.0–95.8 / 86.9	59.5–74.3 / 75.9	50.0
Mineralization, mg/dm^3	592.6–671.6 / 637.7	572.6–644.8 / 606.2	570.1–623.6 / 604.5	1000.0
Dissolved oxygen, mg O_2/dm^3	4.3–7.6 / 6.3	4.5–8.0 / 6.5	4.2–7.8 / 6.4	≥5.0

slowly decreasing until autumn.

At the beginning of the season, the phosphate content was sufficient for the development of a natural food supply with a noticeable tendency to decrease during the experimental period.

A similar pattern was observed with the average seasonal amounts of total iron, which did not exceed the industry standard values, ranging from 0.32 to 0.42 mg/dm^3 (Table 1).

The moderate hardness of the water in the experimental ponds resulted in fairly

На початку сезону вміст фосфатів був достатнім для розвитку природної кормової бази із помітною тенденцією до зниження впродовж експериментального періоду.

Подібну закономірність відмічено і щодо середньосезонних кількостей загального заліза, які не перевищували значень галузевого стандарту, коливаючись в межах від 0,32 до 0,42 мг/дм^3 (див. табл. 1).

Помірна твердість води експериментальних ставів зумовлювала доволі

high calcium values with the maximum average seasonal content in Experiment 2 (87.4 mg-eq./dm^3). The alkalinity of the pond water and, accordingly, the content of hydrocarbonates gradually increased until autumn, without exceeding the regulatory values. High amounts of sulfates were recorded in the water of experimental ponds, the values of which were 1.5 times higher than the regulatory ones. This is typical for water bodies in this region and is due to the quality of the water supply source, however, with a satisfactory oxygen regime, it does not affect the efficiency of fish farming and its assimilation of feed.

Pond water was characterized by average mineralization: the sum of salts ranged from 592.6 to 671.6 mg/dm^3 with the minimum value in Experiment 2 and the maximum in Control (Table 1).

Therefore, no significant differences in the chemical composition of the water in the experimental ponds were observed, the main parameters of pond water quality met the regulatory values, creating an optimal environment for growing carp.

Zooplankton of experimental ponds was represented by three systematic groups: Rotifera, Cladocera and Copepoda. In terms of species composition, among rotifers, *Brachionus* spp. were most frequently encountered, among cladocerans, Daphniidae (genera: *Daphnia, Moina, Ceriodaphnia, Scapholeberis*) and Chydoridae (genera: *Bosmina, Chydorus*) were most frequently found, and copepods were mainly represented by species of the genera *Cyclops* and *Eudiaptomus*.

The highest species diversity and the highest quantitative and qualitative indicators of zooplankton were observed at the beginning of the experimental work. Later, during the season, the ratio between the organisms of the groups was not constant and changed under the influence of various

високі значення вмісту кальцію з максимальним середньосезонним показником у Досліді 2 (87,4 мг-екв./дм^3). Лужність ставової води і, відповідно, вміст гідрокарбонатів поступово зростали до осені, не перевищуючи нормативних значень. Зафіксовано високі кількості сульфатів, значення яких у воді експериментальних ставів в 1,5 раза перевищували нормативні. Це характерно для водних об'єктів даного регіону та зумовлено якістю джерела водопостачання, проте, при задовільному кисневому режимі не впливає на ефективність вирощування риби та засвоєння нею кормів.

Ставова вода характеризувалась наступними показниками середньої мінералізації: сума солей складала від 592,6 до 671,6 мг/дм^3 із мінімальним значенням у Досліді 2 та максимальним — у Контролі (див. табл. 1).

Отже, значних відмінностей у хімічному складі води експериментальних ставів не відмічено, основні показники якості ставової води відповідали нормативним значенням, створюючи оптимальне середовище при вирощуванні коропа.

Зоопланктон експериментальних ставів був представлений організмами трьох систематичних груп: тип нижчі черви Rotifera, ракоподібні підряду Cladocera та ряду Copepoda. У видовому співвідношенні серед коловерток найчастіше зустрічались організми роду *Brachionus,* із гіллястовусих найчастіше виявляли представників родини Daphniidae (роди *Daphnia, Moina, Ceriodaphnia, Scapholeberis*) та Chydoridae (роди *Bosmina, Chydorus*), веслоногі ракоподібні в основному були представлені видами родів *Cyclops* та *Eudiaptomus*.

Найбільша видова різноманітність та вищі кількісні та якісні показники зоопланктону відмічені на початку проведення експериментальних робіт. Надалі

factors, namely temperature, hydrochemical regime, phytoplankton development, fish pressure. The majority of the zooplankton of the ponds were cladocerans (63.03–80.56% of the average seasonal biomass) – among which *Bosmina longirostris*, *Moina rectirostris*, *Daphnia longispina* and *Polyphemus pediculus* were always found. Among copepod crustaceans, *Cyclops* sp. predominated with a share of 10.11–28.33%, and among rotifers, *Brachionus calyciflorus* and *Asplanchna priodonta,* with a share of 4.42–9.33%.

In the first month of cultivation (July), the zooplankton biomass was highest in Experiment 1 – 16.20 g/m^3 due to the mass development of sexually mature *Polyphemus pediculus* and *Bosmina longirostris*, the share of which reached 88.8% of the total zooplankton biomass. Somewhat lower biomass values were in Experiment 2 – 12.33 g/m^3 with a share of cladocerans of 72.3%, and the main contribution to biomass was made by adult forms of *Daphnia longispina* and *Moina rectirostris*. The lowest development of zooplankton was in the control pond, where the biomass was 6.27 g/m^3 and was 2.0–2.6 times lower compared to the experimental ponds (Fig. 1).

At the same time, the majority of biomass in this pond was formed by cladocerans (84.1%) due to the development of *Bosmina longirostris* and *Moina rectirostris*.

In August, the zooplankton biomass decreased in all ponds by 1.64–3.48 times, with the highest values remaining in Experiment 1 – 6.17 g/m^3. The values in Experiment 2 and Control were 1.6–1.7 times lower and similar to each other – 3.54 and 3.81 g/m^3, respectively. In the experimental ponds, cladocerans predominated, with copepods (1.46 g/m^3) being subdominant in Experiment 1, and rotifers (1.09 g/m^3) in

впродовж сезону співвідношення між організмами груп не було постійним та змінювалось під впливом різних чинників — температури, гідрохімічного режиму, розвитку фітопланктону, тиску риб. Основу зоопланктону ставів становили гіллястовусі ракоподібні (63,03–80,56% від середньосезонної біомаси), серед яких повсякчас зустрічалися *Bosmina longirostris, Moina rectirostris, Daphnia longispina* та *Polyphemus pediculus.* Серед веслоногих ракоподібних із часткою 10,11–28,33% переважали *Cyclops* sp., а серед коловерток із часткою 4,42–9,33% — *Brachionus calyciflorus*, *Asplanchna priodonta.*

У перший місяць вирощування (липень) біомаса зоопланктону була найвищою у Досліді 1 — 16,20 г/м^3 — завдяки масовому розвитку статевозрілих гіллястовусих ракоподібних *Polyphemus pediculus* та *Bosmina longirostris*, частка яких досягала 88,8% від загальної біомаси зоопланктону. Дещо нижчими показники біомаси були в Досліді 2 — 12,33 г/м^3, за частки гіллястовусих рачків на рівні 72,3%, а основний внесок у біомасу здійснили дорослі форми *Daphnia longispina* та *Moina rectirostris.* Найнижчим розвиток зоопланктону був у контрольному ставу, де біомаса становила 6,27 г/м^3 і була в 2,0–2,6 раза нижчою, порівняно з дослідними ставами (рис. 1). При цьому основу біомаси в даному ставу формували гіллястовусі ракоподібні (84,1%) за рахунок розвитку *Bosmina longirostris* та *Moina rectirostris.*

У серпні біомаса зоопланктонних організмів знизилася в усіх ставах у 1,64–3,48 раза, при цьому найвищі її показники залишались у Досліді 1 — 6,17 г/м^3. Нижчими у 1,6–1,7 раза та схожими між собою стали показники в Досліді 2 та Контролі — 3,54 та 3,81 г/м^3 відповідно. У дослідних ставах переважали гіллястовусі ракоподібні, субдомінантами

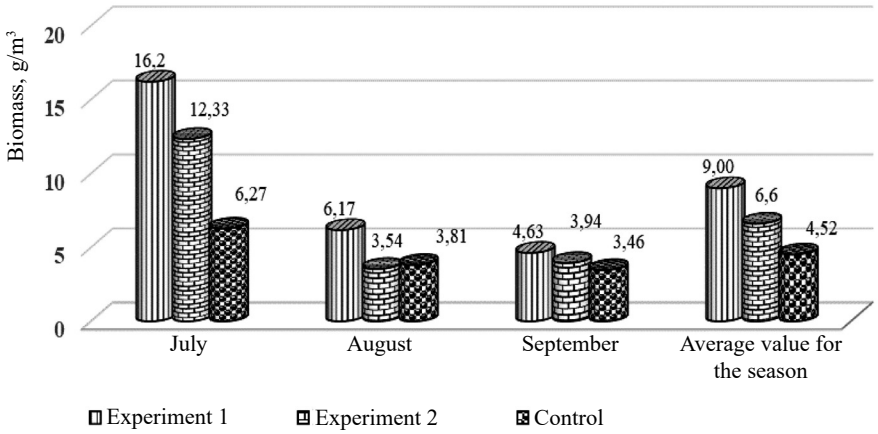


Fig. 1. **Dynamics of zooplankton biomass of experimental ponds of the "Karpatskyi vodogray" LLC farm, 2025**

Experiment 2. In the control pond, the biomass of Cladocera decreased by 3.2 times, but the biomass of Copepoda increased by 2.6 times due to the development of *Cyclops sp*., which ensured their dominance (52.8%).

In September, the biomass of cladocerans decreased by 1.3–1.7 times in the experimental ponds, while in Experiment 1 the biomass of rotifers increased by 8.4 times, and in Experiment 2 – copepods by 4.0 times. At the same time, in the Control, the role of Cladocera increased by 1.6 times, but the biomass of copepods decreased by 3.3 times. As a result, zooplankton biomass in Experiment 1 decreased by 33.3%, in Control – by 10.1%, and in Experiment 2 increased by 11.3%, due to which the differences between the ponds became less significant – 4.63–3.46 g/m^3.

The highest average zooplankton biomass during the growing period was in Experiment 1 – 9.00 g/m^3, in Experiment 2 it was 6.00 g/m^3, and in Control – 4.52 g/m^3, and its production was 900.0, 660.0 and 452.0 kg/ha, respectively. This ensured an increase in fish production of age-1+ carp in Experiment 1 – 75 kg/ha, in Experiment 2 – 55 kg/ha, in Control – 37.7 kg/ha.

у Досліді 1 були веслоногі ракоподібні (1,46 г/м^3), а в Досліді 2 — коловертки (1,09 г/м^3). У контрольному ставу у 3,2 раза знизилася біомаса Cladocera, однак у 2,6 раза зросла біомаса Copepoda за рахунок розвитку *Cyclops* sp., що забезпечило їх домінування (52,8%).

У вересні в дослідних ставах у 1,3–1,7 раза знизилась біомаса гіллястовусих ракоподібних; натомість, у Досліді 1 зросла біомаса коловерток у 8,4 раза, а у Досліді 2 — веслоногих ракоподібних у 4,0 рази. Водночас, у Контролі в 1,6 раза збільшилася роль Cladocera, проте у 3,3 раза знизилась біомаса Copepoda. У результаті, показники біомаси зоопланктону в Досліді 1 знизилися на 33,3%, у Контролі — на 10,1%, а в Досліді 2 зросли на 11,3%, завдяки чому відмінності між ставами стали менш значними — 4,63–3,46 г/м^3.

Найвищим середній за період вирощування показник біомаси зоопланктону був у Досліді 1 — 9,00 г/м^3; у Досліді 2 він складав 6,00 г/м^3, у Контролі — 4,52 г/м^3, а його продукція відповідно налічувала 900, 660 та 452 кг/га. Це забезпечило приріст рибопродукції дволіток коропа: у Досліді 1 — 75, у Досліді 2 — 55 та в Контролі — 37,7 кг/га.

The majority of the species composition of the pond zoobenthos were Chironomidae and Chaoboridae larvae. Small numbers (1–8%) of Oligochaeta, Hirudinea, and Hemiptera were found.

The maximum zoobenthos biomass was recorded in July in Experiment 1 – 5.64 g/m^2, while in Experiment 2 and Control it was lower and amounted to 4.53 and 2.50 g/m^2, respectively. Subsequently, zoobenthos biomass decreased to 0.03–1.20 g/m^2 in August, and to 0.01–0.82 g/m^2 in September, which was associated with their elimination by age-1+ carp.

The highest average zoobenthos biomass values during the cultivation period were in Experiment 1 – 2.15 g/m^2, in Experiment 2 – 1.51 g/m^2, and in Control – 0.91 g/m^2 (Fig. 2).

Calculation of the obtained zoobenthos production showed its highest values in Experiment 1 – 64.5 kg/ha, the lowest values in Experiment 2 – 45.3 kg/ha and the lowest in Control – 27.3 kg/ha. The fish production obtained from zoobenthos was: Experiment 1 – 6.5 kg/ha, Experiment 2 – 4.5 kg/ha, Control – 2.7 kg/ha.

After the completion of the experimental works, the fish were harvested and the main productive parameters of the exper-

Основу видового складу зообентосу ставів складали личинки двокрилих із родин Chironomidae та Chaoboridae. В незначній кількості (1–8%) зустрічались малощетинкові черви (Oligochaeta), п'явки (Hirudinea) та клопи-хребтоплави (Hemiptera).

Максимальні значення біомаси зообентосу було зафіксовано в липні у Досліді 1 — 5,64 г/м^2, а у Досліді 2 та Контролі вони були нижчими й становили 4,53 та 2,50 г/м^2 відповідно. У подальшому показники зообентосу знижувались до 0,03–1,20 г/м^2 у серпні та до 0,01–0,82 г/м^2 у вересні, що пов'язано з виїданням їх дволітками коропа.

Найвищі середні за період вирощування показники біомаси зообентосу були в Досліді 1 — 2,15 г/м^2, у Досліді 2 вони складали 1,51 г/м^2, у Контролі — 0,91 г/м^2 (рис. 2).

Розрахунок отриманої продукції зообентосу показав її найвищі значення у Досліді 1 — 64,5 кг/га, нижні значення у Досліді 2 — 45,3 кг/га та найнижчі у Контролі — 27,3 кг/га. Отримана за рахунок зообентосу рибопродукція складала, кг/га: Дослід 1 — 6,5; Дослід 2 — 4,5; Контроль — 2,7.

Після закінчення дослідних робіт

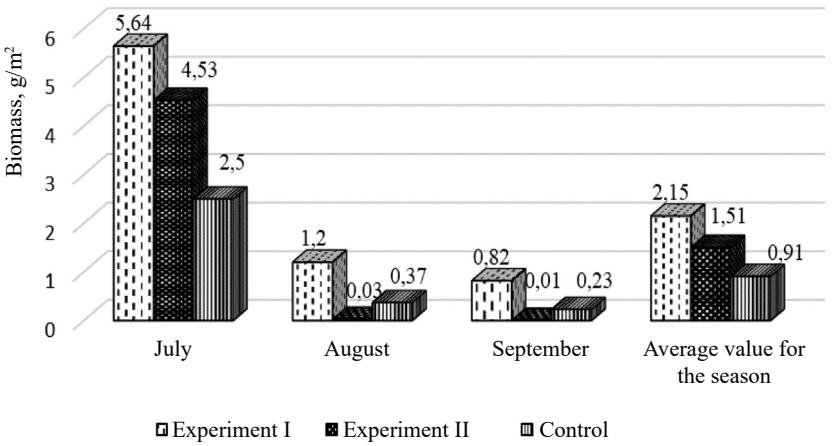


Fig. 2. **Dynamics of zoobenthos biomass in experimental ponds of the "Karpatskyi vodogray" LLC fish farm, 2025**

imental groups of age-1+ carp were analysed.

Analysis of productive parameters showed a positive effect of microalgae on the dynamics of mass accumulation for age-1+ carp (Fig. 3).

At the end of the experiment, the weight of fish in Experiment 1 exceeded the Control by 12.3% ($p < 0.05$), and in Experiment 2 by 20.6% ($p < 0.001$). According to the results of the studies presented in Figure 3, we observe that the monthly weigh gains for 30 days of feeding were 206.1–273.9 g with a significant superiority of the experimental groups over the control group.

At the same time, the average daily weight gains rates of carp in the experimental groups exceeded the control group by 25.8 and 30.3%, respectively (Table 3).

According to the results of the analysis of morphometric parameters, we can state that the age-1+ carp had a typical body shape, which changed proportionally to those of individual weight. The fish body length in Experiment 2 exceeded the Control by 6.5% ($P < 0.001$). In Experiment 1, the head length of fish significantly increased by 5.1% ($P < 0.01$) compared to the Control, while in Experiment 2 it remained at the level of the control group,

проведено облов ставів та проаналізовано основні рибницькі показники експериментальних груп дволіток коропа.

Аналіз продуктивних показників засвідчив позитивний вплив мікроводоростей на динаміку накопичення маси однорічками коропа (рис. 3).

На період закінчення досліду маса риб у Досліді 1 перевищувала Контроль на 12,3% ($p < 0,05$), а у Досліді 2 — на 20,6% ($p < 0,001$). За результатами досліджень, наведених на рисунку 3, спостерігаємо, що показники місячного приросту за 30 діб годівлі складали 206,1–273,9 г із суттєвою перевагою дослідних груп над контрольною. Аналогічна тенденція спостерігалася до кінця експериментальної годівлі (див. рис. 3).

При цьому показники середньодобового приросту коропів дослідних груп переважали такі контрольної на 25,8 та 30,3% відповідно (табл. 3).

За результатами аналізу морфометричних показників можемо стверджувати, що однорічки мали типову форму тіла, яка змінювалася пропорційно до показників індивідуальної маси. Так, довжина тіла риб Досліду 2 перевищувала показник Контролю на 6,5% ($P <$

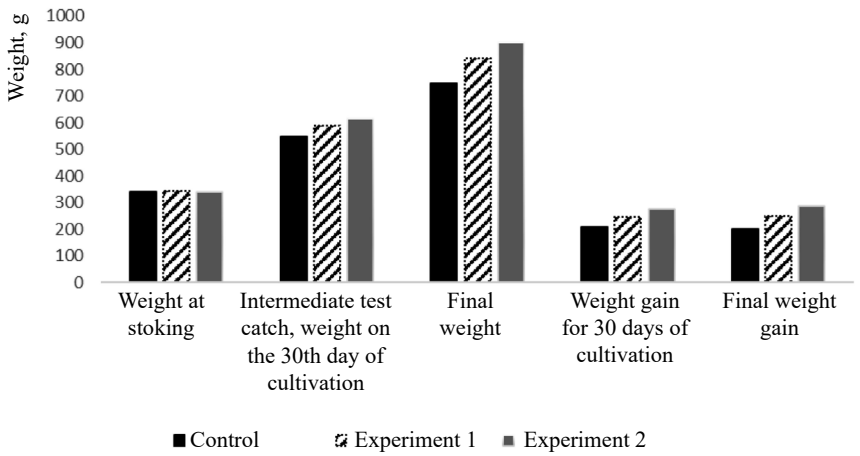


Fig. 3. **Growth dynamics of age-1 carp with partial replacement of meat and bone meal in the main diet with a mixture of chlorella and spirulina (M±m, n=20)**

Table 3. **Linear-weight and morphometric parameters of carp with partial replacement of meat-and-bone meal in the main diet with a mixture of chlorella and spirulina (M±m, n=20)**

Parameters	Control	Experiment 1	Experiment 2
M, g	748.2±21.54	840.1±30.94*	902.2±24.81***
l, cm	29.1±0.26	30.0±0.39	31.0±0.36***
C, cm	7.9±0.06	8.3±0.10**	8.0±0.13
H, cm	10.9±0.11	11.2±0.18	11.9±0.15***
G, cm	27.1±0.29	27.5±0.41	28.9±0.28***
l/H, cm	2.66±0.031	2.67±0.023	2.61±0.023
l/G, cm	1.08±0.012	1.09±0.010	1.07±0.012
C/L, %	27.14±0.260	27.71±0.313	25.88±0.320**
Fulton's condition factor	3.0±0.05	3.1±0.06	3.0±0.04
Average daily gain, g/day	6.27	7.65	8.66

Note. *- P<0,05; ** - P<0,01; *** - P<0,001.

which indicated the preservation of proportionality of body development. As for the height and body girth, in the carp of Experiment 2 they significantly increased by 9.2% (P < 0.001) and 6.6% (P < 0.001), respectively, compared to the Control, while in Experiment 1 the changes were moderate (Table 3).

At the same time, body composition ratios (l/H; l/G) practically did not differ between the experimental groups, which indicated the preservation of the correspondence of the development of the fish body. At the same time, the head length index (C/L) in Experiment 2 significantly decreased by 4.6% (p < 0.01). The Fulton's condition factor in the Control and Experiment 2 fish was 3.0, and for the Experiment 1 fish – 3.1, which corresponds to the normative values.

The survival of age-1+ carp was almost equal in the control and two experimental groups. The highest average weight of grown age-1+ carp was in Experiment 2, which exceeded those of the control group of fish by 20.6% (Table 4).

In Experiment 1, the average weight of the harvested fish was 840.1±30.94 g, which exceeded the average weight of the control group fish by 12.3% (Table 4).

At the same time, fish productivity in Experiment 2 was the highest and amount-

0,001). У Досліді 1 довжина голови риб достовірно збільшилась на 5,1% (P < 0,01) порівняно з Контролем, тоді як у Досліді 2 вона залишалась на рівні контрольної групи, що свідчить про збереження пропорційності розвитку тулуба. Щодо показників висоти та обхвату тіла, то у коропів Досліду 2 вони достовірно збільшилися на 9,2% (P < 0,001) і 6,6% (P < 0,001) відповідно, порівняно з Контролем, тоді як у Досліді 1 зміни були помірними (табл. 3).

При цьому індекси тілобудови (l/H, l/O) практично не відрізнялися між експериментальними групами, що свідчить про збереження відповідності розвитку тіла риб. Водночас, індекс довжини голови (C/L) у Досліді 2 достовірно знизився на 4,6% (p < 0,01). Коефіцієнт вгодованості за Фультоном у риб Контролю та Досліду 2 склав 3,0, а риб Досліду 1 — 3,1, що відповідає нормативним значенням.

Виживаність дволіток коропа була майже рівнозначною у контрольній та двох дослідних групах. Найвищою середня маса вирощених дволіток коропа була у Досліді 2, що перевищувало показники контрольної групи риб на 20,6% (табл. 4).

У Досліді 1 середня маса виловленої риби становила 840,1±30,94 г, що пере-

Table 4. **Results of growing age-1+ carp with replacement of meat and bone meal in the main diet with a mixture of chlorella and spirulina (n=15)**

Parameters		Control	Experiment 1 (3.0% microalgae)	Experiment 2 (5.0% microalgae)
Stocking density, individuals/ha		1000	1000	1000
Stocked	pond area, ha	0.20	0.15	0.15
	average weight, g	340.7±16.42	342.8±12.07	339.6±19.56
	total weight, kg	72.6	53.1	51.3
Harvested	survival, %	85	87	86
	quantity, individuals	181	135	130
	average weight, g	748.2±21.54	840.1±30.94	902.2±24.81
	total weight, kg	135	113	117
Total fish productivity, kg/ha		369	448	488
Feed used, kg		306	240	237
Feed conversion ratio		4.9	4.1	3.6

ed to 488 kg/ha, which was 32.2% higher than the Control. In Experiment 1, fish productivity increased by 21.4% compared to the control group of fish.

During the carp growing period, almost the same amount of compound feed was fed to all ponds per weight of stocked fish. It was found that the feed conversion ratio in Experiment 1 and Experiment 2 was lower by 16.3 and 26.5%, respectively, compared to that in the Control, which indicated an increase in the efficiency of feed use.

Thus, after the completion of the experimental work, the highest productivity parameters were obtained when introducing 5.0% of the microalgae mixture into the diet of age-1+ carp.

CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

It was found that the best productive parameters were obtained when feeding 5.0% microalgae in the feed of age-1+ carp, the average fish weight in the experimental group was 20.6% greater than in the control group. At the same time, the

вищувало середню масу риб контрольної групи на 12,3% (див. табл. 4).

При цьому рибопродуктивність у Досліді 2 була найвищою та склала 488 кг/га, що на 32,2% перевищувало Контроль. У Досліді 1 рибопродуктивність зросла на 21,4% в порівнянні з контрольною групою риб.

Упродовж періоду вирощування коропа в усіх ставах згодували практично однакову кількість комбікорму в розрахунку на масу посадженої риби. Встановлено, що коефіцієнт конверсії корму в Досліді 1 та Досліді 2 був нижчим на 16,3 та 26,5%, відповідно до даного показника у Контролі, що свідчить про підвищення ефективності використання корму.

Отже, після завершення експериментальних робіт найвищі продуктивні показники отримано при введенні 5,0% суміші мікроводоростей до раціону дволіток коропа.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Встановлено, що найкращі продуктивні показники отримано за згодовування 5,0% мікроводоростей у складі корму дволіток коропа: середня маса риб дослідної групи була вищою на 20,6% відносно контрольної. При цьому, середньодобові прирости коропів

average daily weight gain of carp in the experimental group exceeded the control group by 30.3%.

No significant differences in the chemical composition of the water in the experimental ponds were observed, the main parameters of pond water quality met the regulatory values, creating an optimal environment for growing carp. It was found that the concentration of dissolved oxygen ranged from 4.2 to 8.0 mg O_2/dm^3, which provided satisfactory conditions for fish cultivation.

The development of the natural food supply was characterized by satisfactory (experimental ponds) and low (control) values. The average zooplankton biomass in the experimental ponds during the cultivation period was 6.0–9.0 g/m^3, and that of zoobenthos was 1.51–2.15 g/m^2, and in the control, it was 4.52 g/m^3 and 0.91 g/m^2, respectively.

Preliminary positive results have been obtained regarding the use of a mixture of microalgae in the diet of age-1+ carp and the need for further comprehensive assessment of their impact on the physiological and biochemical parameters of the fish body.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors express their sincere gratitude to the fish farm LLC “Karpatskyi Vodogray” (Pustomyty), specializing in the cultivation of carps, salmonids and sturgeons, for assistance in conducting the study and providing production facilities, as well as to the biotechnology company LLC “Chlorella Ukraine” (Bila Tserkva), specializing in the cultivation of a live planktonic strain of chlorella, for advisory support and fruitful cooperation.

CONFLICT OF INTEREST

The authors claim that there is no conflict of interest in their work.

дослідної групи переважали такі контрольної на 30,3%.

Значних відмінностей у хімічному складі води експериментальних ставів не відмічено, основні показники якості ставової води відповідали нормативним значенням, створюючи оптимальне середовище при вирощуванні коропа. Встановлено, що концентрація розчиненого у воді кисню коливалась у межах від 4,2 до 8,0 мг O_2/дм^3, що забезпечувало задовільні умови вирощування риби.

Розвиток природної кормової бази характеризувався задовільними (дослідні стави) та низькими (контроль) показниками. Середні значення біомаси зоопланктону в дослідних ставах за період вирощування перебували на рівні 6,0–9,0 г/м^3, зообентосу — 1,51–2,15 г/м^2, а у Контролі — відповідно 4,52 г/м^3 та 0,91 г/м^2.

Отримано попередні позитивні результати щодо застосування суміші мікроводоростей в раціоні дволіток коропа. Існує необхідність проведення подальшої комплексної оцінки їхнього впливу на фізіологічні та біохімічні показники організму риб.

ПОДЯКА

Автори висловлюють щиру подяку рибному господарству ТзОВ «Карпатський Водограй» (м. Пустомити), що спеціалізується на вирощуванні риб родин коропових, лососевих та осетрових, за сприяння у проведенні досліджень та надання виробничих потужностей, а також біотехнологічній компанії ТОВ «Хлорелла Україна» (м. Біла Церква), що спеціалізується на вирощуванні живого планктонного штаму хлорели, за консультативну підтримку та плідну співпрацю.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

У цій роботі конфлікт інтересів відсутній.

SOURCES OF FUNDING

The research work covered in this publication was carried out within the framework of planned funding of the Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

REFERENCES

1. Kononenko, R. V., Shevchenko, P. H., Kondratiuk, V. M., & Kononenko I. S. (2016). *Intensyvni tekhnolohii v akvakulturi.* Kyiv: TUL.
2. Hrynzhevskyi, M. V. (2000). *Intensyfikatsiia vyrobnytstva produktsii akvakultury u vnutrishnikh vodoimakh Ukrainy*. Kyiv: Svit.
3. Li, H., Chatzifotis, S., Lian, G., Duan, Y., & Li, D. (2022). Mechanistic model based optimization of feeding practices in aquaculture. *Aquacultural Engineering, 97,* 102245. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102245.
4. Nasr-Eldahan, S., Dawood, M. A. O., Mugwanya, M., Kimera, F., & Sewilam, H. (2025). Impact of dietary protein levels and feeding regimes on growth, feed conversion ratio and economic value of European sea bass in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture Reports*, *44*, 103034. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.103034.
5. Wang, S., Tian, J., Jiang, X., Li, C., Ge, Y., Hu, X., Cheng, L., Shi, X., Shi, L., & Jia, Z. (2023). Effects of Different Dietary Protein Levels on the Growth Performance, Physicochemical Indexes, Quality, and Molecular Expression of Yellow River Carp (*Cyprinus carpio haematopterus*). *Animals*, *13(7),* 1237. https://doi.org/10.3390/ani13071237.
6. Stockhausen, L., Vilvert, M. P., Silva, M., Dartora, A., Lehmann, N. B., & Jatobá, A. (2023). Feed cost reduction with total replacement of fish meal by soybean meal for Nile tilapia reared in biofloc system. *Arquivo Brasileiro de Me-*

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Науково-дослідні роботи, висвітлені в даній публікації, були виконані в межах планового фінансування Інституту рибного господарства Національної академії аграрних наук України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інтенсивні технології в аквакультурі / Кононенко Р. В. та ін. Київ : ЦУЛ, 2016. 410 с.
2. Гринжевський М. В. Інтенсифікація виробництва продукції аквакультури у внутрішніх водоймах України. Київ : Світ, 2000. 190 с.
3. Mechanistic model based optimization of feeding practices in aquaculture / Li. H. et al. // Aquacultural Engineering. 2022. Vol. 97. Article 102245. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102245.
4. Impact of dietary protein levels and feeding regimes on growth, feed conversion ratio and economic value of European sea bass in a recirculating aquaculture system / Nasr-Eldahan S. et al. // Aquaculture Reports. 2025. Vol. 44. Article 103034. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.103034.
5. Effects of Different Dietary Protein Levels on the Growth Performance, Physicochemical Indexes, Quality, and Molecular Expression of Yellow River Carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) / Wang S. et al. // Animals. 2023. Vol. 13. No. 7. Article 1237. https://doi.org/10.3390/ani13071237.
6. Feed cost reduction with total replacement of fish meal by soybean meal for Nile tilapia reared in biofloc system / Stockhausen L. et al. // Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2023. Vol. 75, No 2. P. 360—364. https://doi.org/10.1590/1678-4162-12906.
7. Protein Fishmeal Replacement in Aquaculture: A Systematic Review and Implications on Growth and Adoption Viabil-

dicina Veterinária e Zootecnia, *75(2),* 360–364. https://doi.org/10.1590/1678-4162-12906.

7. Macusi, E. D., Cayacay, M. A., Borazon, E. Q., Sales, A. C., Habib, A., Fadli, N., & Santos, M. D. (2023). Protein Fishmeal Replacement in Aquaculture: A Systematic Review and Implications on Growth and Adoption Viability. *Sustainability*, *15(16),* 12500. https://doi.org/10.3390/su151612500.
8. Vijayaram, S., Ringø, E., Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., Ahani, S., & Chou, C-C. (2024). Use of Algae in Aquaculture: A Review. *Fishes*, *9(2),* 63. https://doi.org/10.3390/fishes9020063.
9. Arguelles, E. D. L. R. (2018). Proximate analysis, antibacterial activity, total phenolic content and antioxidant capacity of a green microalga *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, *20(1)*, 150–158.
10. Trevi, S., Uren Webster, T., Consuegra, S., & García de Leaniz, C. (2023). Benefits of the microalgae *Spirulina* and *Schizochytrium* in fish nutrition: a meta-analysis. *Scientific Reports*, *13*, 2208. https://doi.org/10.1038/s41598-023-29183-x.
11. Annamalai, S. N., Das, P., Thaher, M. I. A., Abdul Quadir, M., Khan, S., Mahata, C., & Al Jabri, H. (2021). Nutrients and energy digestibility of microalgal biomass for fish feed applications. *Sustainability*, *13(23), 13211*. https://doi.org/10.3390/su132313211.
12. Gao, S., Chen, W., Cao, S., Sun, P., & Gao, X. (2024). Microalgae as fishmeal alternatives in aquaculture: current status, existing problems, and possible solutions. *Environmental Science and Pollution Research*, *31(11),* 16113–16130. https://doi.org/10.1007/s11356-024-32143-1.
13. Abdel-Tawwab, M., El-Sayed, G. O., & ity / Macusi E. D. et al. // Sustainability. 2023. Vol. 15, No 16. Article 12500. https://doi.org/10.3390/su151612500.
8. Use of Algae in Aquaculture: A Review / Vijayaram S. et al. // Fishes. 2024. Vol. 9, No. 2. Article 63. https://doi.org/10.3390/fishes9020063.
9. Arguelles E. D. L. R. Proximate analysis, antibacterial activity, total phenolic content and antioxidant capacity of a green microalga *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. 2018. Vol. 20, No. 1. P. 150—158.
10. Benefits of the microalgae Spirulina and Schizochytrium in fish nutrition: a meta-analysis / Trevi S. et al. // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. Article 2208. https://doi.org/10.1038/s41598-023-29183-x.
11. Nutrients and energy digestibility of microalgal biomass for fish feed applications / Annamalai S. N. et al. // Sustainability. 2021. Vol. 13, No. 23. Article 13211. https://doi.org/10.3390/su132313211.
12. Microalgae as fishmeal alternatives in aquaculture: current status, existing problems, and possible solutions / Shiyang Gao et al. // Environmental Science and Pollution Research. 2024. Vol. 31, No 11. P. 16113—16130. https://doi.org/10.1007/s11356-024-32143-1.
13. Abdel-Tawwab M., El-Sayed G. O., Monier M. N. Dietary *Chlorella vulgaris* supplementation improves growth performance, antioxidant status, immune response and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) // Aquaculture. 2022. Vol. 546. Article 737317. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737317.
14. Harmantepe B., Yılmaz E. Effects of Spirulina and *Chlorella* used as protein source on growth and digestion enzymes of common carp (*Cyprinus*

Monier, M. N. (2022). Dietary *Chlorella vulgaris* supplementation improves growth performance, antioxidant status, immune response and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, *546,* 737317. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737317.

14. Harmantepe, B., & Yılmaz, E. (2025). Effects of *Spirulina* and *Chlorella* used as protein source on growth and digestion enzymes of common carp (*Cyprinus carpio,* L., 1758). *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, *13(3),* 787–793. https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i3.787793.7254.
15. Karapanagiotidis, I. T., Metsoviti, M. N., Gkalogianni, E. Z., Psofakis, P., Asimaki, A., Katsoulas, N., Papapolymerou, G., & Zarkadas, I. (2022). The effects of replacing fishmeal by *Chlorella vulgaris* and fish oil by *Schizochytrium* sp. and *Microchloropsis gaditana* blend on growth performance, feed efficiency, muscle fatty acid composition and liver histology of gilthead seabream *(Sparus aurata). Aquaculture*, *561,* 738709. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738709.
16. Tibbetts, S. M., MacPherson, M. J., Park, K. C., Melanson, R. J., & Patelakis, S. J. J. (2023). Composition and apparent digestibility coefficients of essential nutrients and energy of cyanobacterium meal produced from Spirulina (*Arthrospira platensis*) for freshwater phase Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) pre smolts. *Algal Research*, *70,* 103017. https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103017.
17. Velichkova, K., Sirakov, I., Stoyanova, S., Simitchiev, A., Yovchev, D., & Stamatova-Yovcheva, K. (2024). Effect of replacing fishmeal with algal meal on growth parameters and meat composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.). *Fishes*, *9(7),* 249. https://doi.org/10.3390/fishes9070249.

carpio, L., 1758) // Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology. 2025. Vol. 13, No 3. P. 787—793. https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i3.787-793.7254.

15. The effects of replacing fishmeal by *Chlorella vulgaris* and fish oil by *Schizochytrium* sp. and *Microchloropsis gaditana* blend on growth performance, feed efficiency, muscle fatty acid composition and liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*) / Karapanagiotidis I. T. et al. // Aquaculture. 2022. Vol. 561. Article 738709. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738709.
16. Composition and apparent digestibility coefficients of essential nutrients and energy of cyanobacterium meal produced from Spirulina (*Arthrospira platensis*) for freshwater-phase Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) pre-smolts / Tibbetts S. M. et al. // Algal Research. 2023. Vol. 70. Article 103017. https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103017.
17. Effect of replacing fishmeal with algal meal on growth parameters and meat composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) / Velichkova K. et al. // Fishes. 2024. Vol. 9, No 7. Article 249. https://doi.org/10.3390/fishes9070249.
18. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / ред. Романенко В. Д. Київ : ЛОГОС, 2006. 408 с.
19. СОУ — 05.01.-37-385:2006. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. Київ : Міністерство аграрної політики України, 2013. 24 с. (Стандарт Мінагрополітики України).
20. Монченко В. І. Щелепнороті циклоподібні, циклопи (Cyclopidae). Київ : Наукова думка, 1974. 450 с. (Фауна України ; т. 27, вип. 3).
21. Rudescu L. Fauna Republicii Socialiste Romania, 1960. V.II, fasc. 2. Rotatoria. 1192.
22. Bledzki L. A., Rybak J. I. Freshwater

18. Romanenko, V. D. (Ed.). (2006). *Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevykh vod.* Kyiv: Lohos.
19. Voda rybohospodars′kykh pidpryyemstv. Zahal′ni vymohy ta normy (2006). *SOU-05.01.-37–385:2006.* Standart Minahropolityky Ukrainy. Kyiv.
20. Monchenko, V. I. (1974). Shhelepnoroti cyklopodibni, cyklopy (Cyclopidae) [Cyclops (Cyclopidae)]. *Fauna Ukrainy.* (Vol. 3(27)).
21. Rudescu, L. (1960). *Fauna Republicii Socialiste Romania*. Rotatoria, II (2).
22. Bledzki, L. A., & Rybak, J. I. (2016). *Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida). Key to species identification.* Switzerland: Springer International Publishing Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29871-9.
23. Tovstyk, V. F. (2004). *Rybnytstvo: Navchalnyi posibnyk.* Kharkiv: Espada.
24. Zheltov, Yu. O. (2003). Metodychni vkazivky z provedennia doslidiv po hodivli ryb. *Rybne hospodarstvo, 62*, 23–28.
25. Hudyma, B. I., Zheltov, Yu. O., & Zadorozhnyi, H. M. (1986). *Praktychni rekomendatsii z pidroshchuvannia lychynok ta vyroshchuvannia tsoholitok koropovykh ryb*. Kyiv: UkrRybHosp.
26. Sherman, I. M., & Rylov, V. H. (2005). *Tekhnolohiia vyrobnytstva produktsii rybnytstva.* Kyiv: Vyshcha osvita.
27. Sondak, V. V., & Petruk A.M. (2016). *Stavove rybnytstvo. Laboratornyi praktykum:* navchalnyi posibnyk. Rivne: NUVHP.

Crustacean Zooplankton of Europe Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida). Key to species identification. Switzerland : Springer International Publishing Switzerland, 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29871-9.
23. Товстик В. Ф. Рибництво : навчальний посібник. Харків : Еспада, 2004. 272 с.
24. Желтов Ю. О. Методичні вказівки з проведення дослідів по годівлі риб // Рибне господарство. 2003. Вип. 62. С. 23—28.
25. Гудима Б. І., Желтов Ю. О., Задорожний Г. М. Практичні рекомендації з підрощування личинок та вирощування цьоголіток коропових риб. Київ : Укррибгосп, 1986. 14 с.
26. Шерман І. М., Рилов В. Г. Технологія виробництва продукції рибництва. Київ : Вища освіта, 2005. 351 с.
27. Сондак В. В., Петрук А.М. Ставове рибництво. Лабораторний практикум : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2016. 113 с.