

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF HETEROISIS BY PRODUCTIVE PARAMETERS IN VARIOUS OPTIONS OF INDUSTRIAL CROSSINGS OF UKRAINIAN FRAMED CARPS

V. Pryimak, pv@hrh.com.ua, ORCID ID 0009-0005-2054-0543, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv
R. Kolesnik, kolesnik.raf@gmail.com, ORCID ID 0009000699019749, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv
D. Syrovatka, denyssyrovatka@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-6807-1310, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv
H. Kurinenko, annazakharenko@ukr.net, ORCID ID 0000-0001-9365-7578, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv
I. Hrytsyniak, info.iforgua@gmail.com, ORCID ID 0000-0003-1419-8284, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv

Purpose. To carry out a comparative analysis and provide a comprehensive productive and biological assessment of crossbred age-1+ carps obtained from crossing carps of the Antoniny-Zozulenets, Galician, and few scaled intrabreed types in order to determine the patterns of development of productive traits of Ukrainian carp breeds.

Methodology. The material for the study were crossbred age-1+ carps obtained from crossing the Antoniny-Zozulenets, Galician, and few scaled intrabreed types of Ukrainian framed carps. The study was conducted in pond farms located in the Kyiv (State Enterprise "Nyvka") and Khmelnytskyi (PrJSC Khmelnytskrybhos) regions. The assessment of productive and biological parameters of age-1+ carps was carried out according to generally accepted methods in fish farm-

ОЦІНКА ЕФЕКТУ ГЕТЕРОЗИСУ ЗА ПРОДУКТИВНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПРИ РІЗНИХ ВАРІАНТАХ ПРОМИСЛОВИХ СХРЕЩУВАНЬ УКРАЇНСЬКИХ РАМЧАСТИХ КОРОПІВ

В. В. Приймак, pv@hrh.com.ua, ORCID ID 0009-0005-2054-0543, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ
Р. Р. Колесник, kolesnik.raf@gmail.com, ORCID ID 0009-0006-9901-9749, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ
Д. А. Сироватка, denyssyrovatka@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-6807-1310, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ
Г. А. Куріненко, annazakharenko@ukr.net, ORCID ID 0000-0001-9365-7578, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ
І. І. Грициняк, hrytsyniak@ukr.net, ORCID ID 0000-0003-1419-8284, Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України, м. Київ

Мета. Здійснити порівняльний аналіз та надати комплексну рибницько-біологічну оцінку помісним дволіткам, отриманим від схрещування коропів антонінсько-зозуленецького, галицького та малолускатого внутрішньопородних типів, задля визначення закономірностей становлення продуктивних ознак українських порід коропа.

Методика. Матеріалом для дослідження слугували помісні дволітки, отримані від схрещування антонінсько-зозуленецького, галицького та малолускатого внутрішньопородних типів українських рамчастих коропів. Дослідження проведені в ставових господарствах, розташованих в Київській (ДП «ДГ "Нивка"») та Хмельницькій (ПРАТ «Хмельницькрибгосп») областях. Оцінку рибницько-біологічних показників дволіток здій-



ing. In order to determine the exterior indices of age-1+ carps, their length, height, and body girth were measured. Measurements were made with a centimeter tape with an accuracy of 1 mm. Individual weighing was carried out on electronic commercial scales with a resolution of 1 g. Based on the measurement results, the main exterior indices were determined and analysed – girth and body length to height ratio.

Findings. The study showed that the highest productive parameters were obtained in the crossing of ♀GFC × ♂LS(h)C, the individual body weight of which exceeded that of the pure line by 17.8%. At the same time, in crossbred age-1+ carps obtained from reciprocal crossing, this superiority was only 4.2%. Among the age-1+ carps obtained from the crossing the Nyvka hatchery line and the Antoniny-Zozulenets intrabreed type, the best growth rate was observed in the crossbred group ♀NS(h)C × ♂AZFC. Their superiority in body weight over pure lines was from 6.6 to 8.4%. The survival rate of age-1+ carps was within 71.7–81.3%, with an average value of 76.4% and a predominance of inbred descendants of Galician carp. According to the individual body weight and survival as a result of semi-intensive cultivation, the fish productivity of carp ponds were within 872.1–1110.0 kg/ha with a predominance of inbred offspring by 102.7–122.8%.

Originality. For the first time in Ukrainian aquaculture, the productive parameters of table age-1+ carps of crossbred groups obtained from crossing structural units of carp have been obtained and comprehensively studied. In particular, the magnitude and peculiarities of the manifestation of the heterosis effect on the main productive parameters depending on the genesis of the crossbred offspring were established.

Practical Value. The obtained results will allow assessing the effectiveness of the use of industrial crosses of the Antoniny-Zozulenets, Galician, and few scaled intrabreed types of Ukrainian framed carps and to provide recommendations for increasing fish productivity in pond farms.

Keywords: pond cultivation, industrial crossbreeding, crossbreeds, heterosis, weight, survival, growth rate, age-1+ fish, fish productivity.

снювали за загальноприйнятими в рибництві методиками. З метою визначення індексів екстер'єру дволіток зважували та вимірювали довжину, висоту і обхват тіла. Проміри проводили сантиметровою стрічкою з точністю до 1 мм. Індивідуальне зважування здійснювали на електронних товарних вагах з дискретністю 1 г. За результатами вимірювань визначали та аналізували основні індекси екстер'єру — індекси обхвату і високоспинності.

Результати. Згідно з даними проведених досліджень, встановлено, що найякісніші продуктивні показники були отримані у схрещуванні ♀ГРК × ♂МЛ(зл)К, показник індивідуальної маси тіла яких переважав аналогічний показник чистої лінії на 17,8%. Водночас, у помісних дволіток, отриманих від реципрокного схрещування, дана перевага складала лише 4,2%. Серед дволіток, одержаних від схрещування коропів нивківської заводської лінії та антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу, найкращим темпом росту характеризувалася помісна група ♀МН(зл)К × ♂АЗРК. Їхня перевага за показником маси тіла над чистими лініями складала від 6,6 до 8,4%. Вживаність дволіток перебувала в межах 71,7–81,3%, із середнім значенням 76,4% та перевагою помісних нащадків галицьких коропів. Відповідно до показників індивідуальної маси тіла та вживаності, в результаті напівінтенсивного вирощування показники рибопродуктивності ставів за коропом перебували в межах 872,1–1110,0 кг/га, із перевагою помісних нащадків на 102,7–122,8%.

Наукова новизна. Вперше в аквакультурі України отримано та комплексно досліджено господарсько корисні показники товарних дволіток помісних груп коропа, отриманих від схрещування структурних одиниць коропа. Зокрема, встановлено величину та особливості прояву гетерозисного ефекту за основними рибогосподарськими показниками у залежності від генезису помісного потомства.

Практична значущість. Отримані результати досліджень дозволять оцінити ефективність застосування промислових схрещувань антонінсько-зозуленецького, галицького та малолускатого внутрішньопородних типів українських рамчастих коропів та надати рекомендації щодо підвищення рибопродуктивності ставових господарств.

Ключові слова: ставове вирощування, промислове схрещування, помісі, гетерозис, маса, вживаність, темп росту, дволітки, рибопродуктивність.



PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

In today's conditions, pond fish farming is one of the main directions of aquaculture in Ukraine, the main object of which are carps of Ukrainian breeds and their structural units [1, 2]. Studies over the past 20 years has confirmed that the use of various crosses to produce industrial hybrids is economically profitable. This method is widely used in breeding farms to improve the productive parameters of existing breeds or to breed new ones, while in commercial farms – to obtain highly productive hybrids that increase productivity both at the level of individual weight and the yield of total fish production. The use of interbreeding crosses allows for the production of offspring with higher performance both during the wintering period and during the fattening period in commercial aquaculture. Given the higher survival rates of crossbred carps compared to purebred offspring, pond farms have the opportunity to obtain additional production, which allows them to meet their own needs and sell the surplus [3–6].

Increased heterozygosity of crossbred individuals obtained by crossing different lines, breeds or species provides the phenomenon of heterosis, which consists in the advantages of first-generation hybrids (crossbreeds) compared to the original parental forms in terms of growth rate, productivity, resistance to adverse environmental conditions, higher feed costs, etc. [7–9].

The most pronounced effect of heterosis on growth rate can be manifested when crossing geographically distant breeds or types, since due to different initial forms for their breeding and different environmental conditions, they differ as much as possible genetically from each other, which is the reason for the high heterozy-

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

В умовах сьогодення ставове рибництво є одним із основних напрямків аквакультури України, основним об'єктом якого є коропа українських порід та їх структурні одиниці [1, 2]. Дослідженнями останніх 20 років підтверджено, що застосування різноманітних схрещувань з метою отримання промислових помісей є економічно вигідним. Даний метод широко використовують у селекційних господарствах з метою вдосконалення продуктивних показників наявних порід або ж за виведення нових, тоді як у товарних господарствах — для отримання викокопродуктивних помісей, що підвищують показники продуктивності як на рівні індивідуальної маси, так і виходу загальної рибопродукції. Використання помісних схрещувань дозволяє отримати нащадків з вищими показниками як за виходом в період зимівлі, так і в період нагулу в товарній аквакультурі. Враховуючи вищі показники виживаності помісних коропів у порівнянні із чистопорідними нащадками, ставові господарства мають змогу отримати додаткову продукцію, що дозволяє забезпечити власні потреби та здійснити реалізацію надлишку [3–6].

Підвищена гетерозиготність помісних особин, отриманих у схрещуваннях різних ліній, порід або видів, забезпечує явище гетерозису, яке полягає у перевагах гібридів (помісей) першого покоління у порівнянні з вихідними батьківськими формами за темпом росту, продуктивністю, стійкістю до несприятливих умов середовища, вартістю корму тощо [7–9].

Найсильніше ефект гетерозису за темпом росту може проявитися за схрещування географічно віддалених порід чи типів, оскільки завдяки різним



gosity of the offspring obtained from them. At the same time, heterosis does not decrease or disappear even if these breeds are subsequently grown under strictly identical conditions [10–13].

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

One of the main tasks of selective breeding research is to assess the effectiveness of industrial crosses of different intrabreed types of carp. At the same time, it is worth considering that each intrabreed type of Ukrainian carp breed has its own characteristic features, in particular the genetic structure that is responsible for maintaining productive parameters [14–16]. Correspondingly, the crossbreeding of breeds and arrays of fish, which are distant from each other in terms of ecological and geographical conditions and with a high degree of genetic differentiation, which gives the opportunity to obtain offspring with a high level of heterozygosity [17–19].

Therefore, the study of combinatorial ability to assess the effect of heterosis in carps of different genesis when they are combined in industrial crosses, taking into account the dependence on environmental conditions and the level of intensification, is an important stage in the search for ways to increase fish productivity in ponds. At the same time, this direction may be the most effective set of intensification measures in the process of implementing resource-saving aquaculture technologies.

вихідним формам для їх виведення та відмінним екологічним умовам вони максимально розрізняються між собою генетично, що і є причиною високої гетерозиготності одержуваного від них потомства. При цьому гетерозис не знижується і не зникає навіть у тому випадку, якщо дані породи у подальшому вирощуються в строго ідентичних умовах [10–13].

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Одним із головних завдань селекційних досліджень є здійснення оцінки ефективності промислових схрещувань різних внутрішньопородних типів коропа. При цьому варто враховувати те, що кожному внутрішньопородному типу українських порід коропа притаманні свої характерні особливості, зокрема генетична структура, яка відповідає за підтримання продуктивних показників [14–16]. Відповідно, перспективними є схрещування порід та масивів риб, віддалених за еколого-географічними умовами, а також з високим ступенем генетичної диференціації, що дає можливість отримати потомство з підвищеним рівнем гетерозиготності [17–19].

Отже, дослідження комбінаційної здатності та оцінка ефекту гетерозису у коропів різного генезису при їх поєднанні у промислових схрещуваннях, з врахуванням залежності від екологічних умов та рівня інтенсифікації, є важливим етапом у пошуку шляхів підвищення рибопродуктивності ставів. Водночас, даний напрямок може бути найефективнішим комплексом інтенсифікаційних заходів у процесі впровадження ресурсощадних технологій аквакультури.



MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at fish farms of Kyiv (State Enterprise Research Farm “Nyvka”) and Khmelnytskyi regions (PJSC “Khmelnytskrybhosp”), which belong to the Forest-Steppe zone of Ukraine. For the main types of crossing, based on the analysis of genetic and exterior parameters, fish of different ages of the Antoniny-Zozulenets, Galician and few scaled (Nyvka and Lebedyn hatchery lines) intrabreed types of framed carp were selected and the following crossbred groups were obtained:

♀ *GFC* × ♂ *LS(hl)C* – ♀ Galician framed intrabreed type × ♂ Lebedyn hatchery line of few scaled intrabreed type of carp;

♀ *LS(hl)C* × ♂ *GFC* – ♀ Lebedyn hatchery line of few scaled intrabreed type carp × ♂ Galician framed intrabreed type;

♀ *SL(hl)C* × ♂ *SL(hl)C* – ♀ Lebedyn hatchery line of few scaled intrabreed type carp × ♂ Lebedyn hatchery line of few scaled intrabreed type carp;

♀ *AZFC* × ♂ *NS (hl)C* – ♀ Antoniny-Zozulenets intrabreed type of carp × ♂ Nyvka hatchery line of few scaled intrabreed type of carp;

♀ *NS (hl)C* × ♂ *AZFC* – ♀ Nyvka hatchery line of few scaled intrabreed type of carp × ♂ Antoniny-Zozulenets intrabreed type of carp;

♀ *NS (hl)C* × ♂ *NS (hl)C* – ♀ Nyvka hatchery line of few scaled intrabreed type of carp × ♂ Nyvka hatchery line of few scaled intrabreed type of carp;

♀ *AZFC* × ♂ *AZFC* – ♀ Antoniny-Zozulenets intrabreed type of carp × ♂ Antoniny-Zozulenets intrabreed type of carp.

The study on productive and biological parameters of fish was carried out using methods common in fish farming and ichthyology, which are used in international practice.

Age-1+ carps were grown in polyculture with Chinese carps at a stocking den-

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводилися в рибницьких господарствах Київської (ДП «ДГ “Нивка”») та Хмельницької (ПрАТ «Хмельницькрибгосп») областей, що розташовані у зоні Лісостепу України. Для основних типів схрещувань за аналізом генетичних та екстер'єрних показників були обрані різновікові особини антонінсько-зозуленецького, галицького та малолускаго (нивківської та лебединської заводської лінії) внутрішньопородних типів рамчастого коропа та отримані такі помісні групи:

♀ *ГПК* × ♂ *МЛ(зл)К* — ♀ галицького рамчастого внутрішньопородного типу × ♂ лебединської заводської лінії малолускаго внутрішньопородного типу коропа;

♀ *МЛ(зл)К* × ♂ *ГПК* — ♀ лебединської заводської лінії малолускаго внутрішньопородного типу × ♂ галицького рамчастого внутрішньопородного типу коропа;

♀ *МЛ(зл)К* × ♂ *МЛ(зл)К* — ♀ лебединської заводської лінії малолускаго внутрішньопородного типу × ♂ лебединської заводської лінії малолускаго внутрішньопородного типу коропа;

♀ *АЗПК* × ♂ *МН(зл)К* — ♀ антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу × ♂ нивківської заводської лінії малолускаго внутрішньопородного типу коропа;

♀ *МН(зл)К* × ♂ *АЗПК* — ♀ нивківської заводської лінії малолускаго внутрішньопородного типу коропа × ♂ антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу коропа;

♀ *МН(зл)К* × ♂ *МН(зл)К* — ♀ нивківської заводської лінії малолускаго внутрішньопородного типу коропа × ♂ нивківської заводської лінії малолускаго внутрішньопородного типу коропа;

♀ *АЗПК* × ♂ *АЗПК* — ♀ антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу × ♂ антонінсько-зозуленець-



sity of 1,500 ind./ha. Ponds with an area of 0.5–6.5 ha were used for cultivation

For fish feeding, a complex diet was used with the use of artificial feeds and feed mixtures based on grain crops (wheat, barley, and corn in different ratios), soybeans and sunflower meal with a protein content of not less than 20–22% (PrJSC “Khmelnyskrybhosp”) and 26% (State Enterprise Research Farm “Nyvka”).

To monitor the growth and condition of the fish, test catches were carried out, during which the fish were examined and their weight and length were determined. The weight of the studied fish was determined by individual weighing. After initial visual selection and individual assessment, their morphometric assessment was performed. Based on morphometric measurements, the main exterior indices were calculated: body length to height ratio (I/H), girth (I/O), and the Fulton’s condition factor (FCF) was determined [20].

Based on the average individual body weight, absolute and daily weight gains were calculated:

Absolute weight gain:

$$R = P_n - P_0, \text{ g,}$$

where: P_n — final weight of the body, g;

P_0 — initial body weight, g.

Daily gain:

$$C = R/t, \text{ g,}$$

where: R — absolute weight gain over a certain period, g;

t — growing period, days.

The heterosis effect was calculated by the percentage excess of a certain index of the crossbred group over those of the parent lines.

$$IH = \frac{EP \times 100}{EB}, \text{ \% [21],}$$

where: IH — heterosis index;

EP — crossbreeding index;

EB — parental line index.

In the autumn period, when the water temperature dropped below 10°C, catches

кого внутрішньопородного типу коропа.

Дослідження рибницько-біологічних показників риб виконували, користуючись поширеними в рибництві та іхтіології методами, які застосовуються в міжнародній практиці.

Вирощування дволіток коропа проводили в полікультурі з рослиноїдними видами риб за щільності посадки 1500 екз./га. Для вирощування використовували стави площею 0,5–6,5 га.

Для годівлі дволіток застосовували комплексний раціон із введенням штучних кормів та кормосумішей на основі зернових культур (пшениця, ячмінь і кукурудза у різних співвідношеннях), сої та соняшникового шроту із досягненням вмісту білка не нижче 20–22% (ПрАТ «Хмельницькрийбгосп») та 26% (ДП «ДГ “Нивка”»).

Для спостереження за ростом і станом риби здійснювали контрольні облови, під час яких рибу оглядали та визначали її вагові і лінійні показники. Масу досліджуваних риб визначали методом індивідуального зважування. Після початкового візуального відбору та індивідуального оцінювання проводили їх морфометричну оцінку. На основі морфометричних промірів розраховано основні індекси екстер’єру — високоспинності (I/H), обхвату (I/O), та визначено коефіцієнт вгодованості за Фультоном (K_B) [20].

На основі середніх показників індивідуальної маси тіла розраховували показники абсолютного та добового приростів.

Абсолютний приріст маси:

$$R = P_n - P_0, \text{ г,}$$

де P_n — кінцева маса тіла, г;

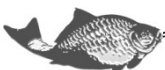
P_0 — початкова маса тіла, г.

Добовий приріст:

$$C = R/t, \text{ г,}$$

де R — абсолютний приріст за певний період, г;

t — період вирощування, діб.



were carried out in experimental ponds, with subsequent determination of survival rates during the growing period, average fish weight gain, and fish productivity of water bodies.

The numerical material obtained as a result of the experiments was subjected to statistical processing using standard computer programs. The criteria for analyzing the indicators were their average value and the error of the arithmetic mean ($M \pm m$).

STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

The cultivation of industrial lines of age-1+ carps was carried out using semi-intensive technology, which involved feeding with artificial feeds from the second decade of July to mid-September. The use of this technology allowed to obtain table products with average weight ranging from 789.0 g to 929.3 g. Analysis of the productive parameters of age-1+ carps obtained from the crossing of the broodstock of the Galician (GFC) and Lebedyn (LS(hl)C) hatchery line of few scaled intrabreed type carp shows that they were the highest for the crossbred of ♀GFC × ♂LS(hl)C, in which the table age-1+ fish had the maximum individual body weight – 923.3±58.7 g. At the same time, the superiority of their weight over that of crossbred age-1+ carps obtained from reciprocal crossing was 13.0%, and those of the pure line LS(hl)

Гетерозисний ефект розраховували за відсотковим перевищенням певного показника помісної групи над показниками вихідних ліній.

$$I\Gamma = \frac{E\P \times 100}{EБ}, \% [21],$$

де $I\Gamma$ — індекс гетерозису;

$E\P$ — показник помісей;

$EБ$ — показник батьківської лінії.

В осінній період, за зменшення температури води нижче 10°C, проводили облови дослідних ставів, з подальшими визначеннями показників виживання за період вирощування, приросту середньої маси риб та рибопродуктивності водойм.

Одержаний в результаті проведених експериментів цифровий матеріал піддано статистичній обробці за стандартними комп'ютерними програмами. Критеріями аналізу показників були їх середня величина та похибка середньої арифметичної ($M \pm m$).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Вирощування промислових ліній дволіток відбувалося за напівінтенсивною технологією, що передбачала проведення годівлі штучними кормами з другої декади липня до середини вересня. Застосування даної технології дозволило отримати товарну продукцію із середніми показниками маси в межах від 789,0 до 929,3 г. Аналіз продуктивних показників дволіток коропа, отриманих від схрещування плідників галицького (ГРК) та малолускатого коропа лебединської заводської лінії (МЛ(зл)К), засвідчує, що найвищими вони були за схрещування ♀ГРК × ♂МЛ(зл)К, за якого товарні дволітки мали максимальний показник індивідуальної маси тіла на рівні 923,3±58,7 г. При цьому перевага їх маси над масою помісних дволіток, одержаних від реципрокного схрещування, склала 13,0%, а дволіток чистої лінії МЛ(зл)К — на



C – by 17.8%. Taking into account that the growing season in the farm lasted 217 days, the average daily weight gains of the experimental age-1+ fish were in the range from 3.56 to 4.19 g. The advantage of local groups in this parameter was 17.7 and 3.9%, respectively (Table 1).

Among the age-1+ fish obtained from crossing framed carp of the Nyvka hatchery line (NS(hl)C) and Antoniny-Zozulenets (AZFC) intrabreed types, a slightly higher weight gain was found in the crosses ♀NS(hl)C × ♂AZFC. Their average body weight was 892.0±94.3 g, which was only 0.8% higher than that of reciprocal age-1+ ♀AZFC × ♂NS(hl)C. According to this parameter, the superiority of both intrabreed groups over pure maternal lines was 7.5%, and over paternal lines was in the range from 6.6 to 8.4%. At the same time, with a growing season of 225 days, the daily weight gains of age-1+ fish were within 3.48–3.74 g with an average superiority of crossbred lines over purebred ones of 6.4%.

In terms of average weight gain per season, the highest heterosis effect – 117.8% was recorded in age-1+ ♀GFC × ♂LS(hl)C, while the lowest value was recorded in the reciprocal cross of these carp types – 104.1%. At the same time, in the second study, when crossing carp of the Nyvka hatchery line and Antoniny-Zozulenets intrabreed types, the heterosis index was within 105.7–107.5% (Fig. 1).

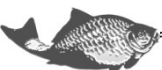
17,8%. Беручи до уваги, що вегетаційний сезон в умовах господарства тривав 217 днів, середньодобові прирости дослідних дволіток були у межах від 3,56 до 4,19 г. Перевага помісних груп за даним показником складала відповідно 17,7 та 3,9% (табл. 1).

Серед дволіток, отриманих у схрещуваннях рамчастих коропів нивківської заводської лінії (МН(зл)К) та антонінсько-зозуленецького (АЗРК) внутрішньопородних типів, дещо вищий темп росту встановлено у помісній ♀МН(зл)К × ♂АЗРК. Їх середній показник маси тіла складав 892,0±94,3 г, що лише на 0,8% вище, ніж у реципрокних дволіток ♀АЗРК × ♂МН(зл)К. За даним показником перевага обох помісних груп над чистими материнськими лініями складала 7,5%, над батьківськими — перебувала у межах від 6,6 до 8,4%. Водночас, за тривалості вегетаційного сезону 225 днів, показники добового приросту дволіток знаходилися в межах 3,48–3,74 г, із перевагою помісних ліній над чистопорідними у середньому на 6,4%.

За показником приросту середньої маси за сезон найвищий гетерозисний ефект — 117,8% — було зафіксовано у дволіток ♀ГРК × ♂МЛ(зл)К; натомість, у реципрокній помісі даних типів коропа було зафіксовано його найнижчий показник — 104,1%. Водночас, у другому дослідженні, за схрещування коропів нивківської заводської лінії та антонін-

Table 1. Characteristics of growth parameters of age-1+ carps of industrial lines of structural units of Ukrainian framed carps

Crossbreeding type	Average weight, g		Weight gain, g	
	age-1	age-1+	during the season	daily average
♀GFC × ♂LS(hl)C	19.5	929.3±55.9	909.8	4.19
♀LS(hl)C × ♂GFC	18.5	822.3±58.7	803.8	3.70
♀LS(hl)C × ♂LS(hl)C	16.5	789.0±40.1	772.5	3.56
♀AZFC × ♂AZFC	40.0	823.0±81.3	783.0	3.48
♀NS(hl)C × ♂NS(hl)C	40.0	830.0±88.6	790.0	3.51
♀NS(hl)C × ♂AZFC	50.0	892.0±94.3	842.0	3.74
♀AZFC × ♂NS(hl)C	50.0	885.0±98.1	835.0	3.71



The survival rate of age-1+ carps in fattening ponds was within 71.7–81.3%, with an average of 76.4%. At the same time, the survival rate of both crossbred and purebred fish when used in crosses of carp of the Nyvka line and the Antoniny-Zozulenets intrabreed type was lower than when crossing broodstock of the Lebedyn hatchery line and the Galician intrabreed type, which may be due to the larger area of the experimental ponds and the difficulty of protecting them from piscivorous birds. The maximum survival rate was 81.3%, which was observed in age-1+ carps obtained by crossing ♀GFC × ♂LS(hl)C, their superiority over the pure line of carp of the Lebedyn hatchery line was 3.2%, over the reciprocal crossbreeding – 0.4% (Fig. 2).

Among the age-1+ carps obtained from crossing carp of the Nyvka hatchery line and the Antoniny-Zozulenets intrabreed type, the maximum survival rate – 75.1% was observed in age-1+ carps of the pure line of Antoniny-Zozulenets carp, a high survival rate – 74.3%, was also observed in carps, where the Antoniny-Zozulenets carp was the parental line. At the same time, purebred age-1+ carps of the Nyvka hatchery line were inferior to Antoniny-Zozulenets carp and crossbreeds with their ma-

сько-зозуленецького внутрішньопородних типів, індекс гетерозису перебував у межах 105,7–107,5% (рис. 1).

Вживаність дволіток у нагульних ставах знаходилася в межах 71,7–81,3%, із середнім значенням 76,4%. При цьому показник виживаності і помісних, і чистопорідних дволіток за використання у схрещуваннях коропів нивківської лінії та антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу були нижчими, ніж за схрещування плідників лебединської заводської лінії та галицького внутрішньопородного типу, що може бути пов'язано із більшою площею дослідних ставів і складністю із їх охороною від рибоїдних птахів. Максимальним показником виживаності — 81,3% — характеризувалися помісні дволітки, отримані у схрещуванні ♀ГРК × ♂МЛ(зл)К: їх перевага над чистою лінією коропа лебединської заводської лінії складала 3,2%, над реципрочною поміссю — 0,4% (рис. 2).

Серед дволіток, одержаних від схрещування коропів нивківської лінії та антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу, максимальним показником виживаності (75,1%) характеризувалися дволітки чистої лінії

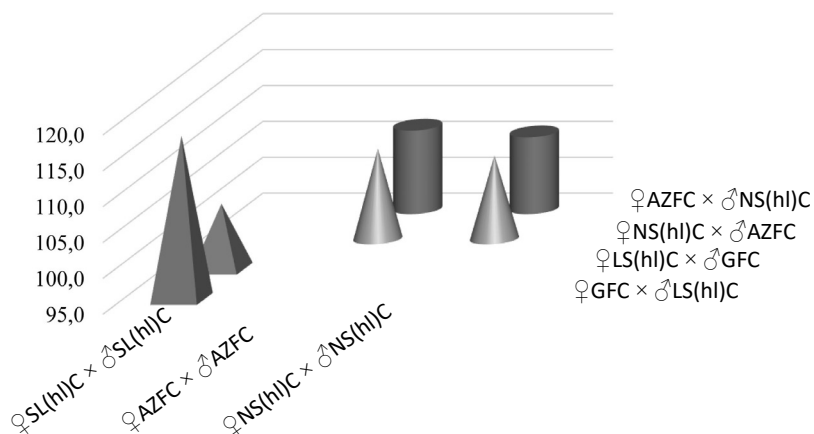


Fig. 1. Heterosis effect in crossbred age-1+ framed carps from different genesis by seasonal growth rate, %



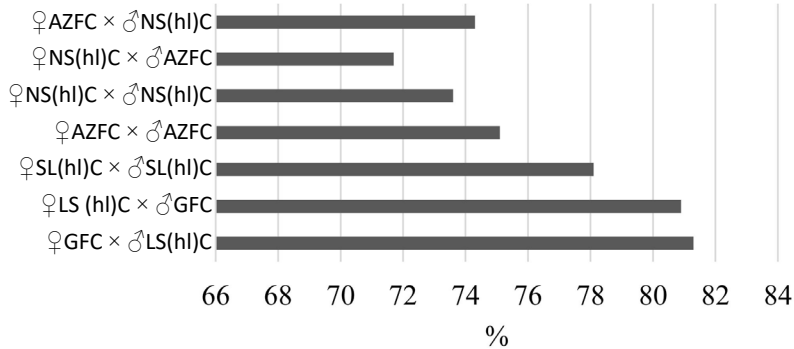


Fig. 2. Survival rates of crossbred age-1+ carps obtained from crossing different structural units of the Ukrainian framed carp breeds, %

ternal line by 1.5 and 0.7%, respectively, but were superior to crossbred carps with a similar maternal line by 1.9%.

Based on the average body weight and survival rate of age-1+ carps obtained as a result of semi-intensive cultivation, the fish productivity of carp ponds were within 872.1–1110.0 kg/ha. Due to the maximum values of individual weight and survival of crossbred age-1+ ♀GFC × ♂LS(hl)C, in the study they provided the highest yield of fish production – 1110 kg/ha. Their superiority over age-1+ carps of the reciprocal crossbreed group – ♀LS(hl)C × ♂GFC and purebred carp of the Lebedyn hatchery line was 11.4 and 22.8%, respectively (Fig. 3).

At the same time, when growing purebred age-1+ carps of the Nyvka hatchery line, the fish productivity of the pond was the lowest – 872.1 kg/ha, while when growing Antoniny-Zozulenets carps, it was higher by 9.9 kg/ha (1.1%). The crossbred group with their maternal line had the highest fish productivity on the farm – 930.6 kg/ha, which was 2.7% higher than the crossbred reciprocal group.

The heterosis index for the fish productivity of ponds was within 102.7–122.8%. At the same time, lower heterosis indices were obtained in crosses of Nyvka and Antoniny-Zozulenets carps – 102.7–106.7%. When crossing more distant Galician and

антонінсько-зозуленецьких коропів, високий показник виживаності (74,3%) також прослідковувався у дволіток, де антонінсько-зозуленецький короп був батьківською лінією. Водночас, чистопородні дволітки нивківської заводської лінії поступалися антонінсько-зозуленецьким коропам та помісі із їх материнською лінією відповідно на 1,5 та 0,7%, проте на 1,9% переважали помісних дволіток із аналогічною материнською лінією.

За отриманої в результаті напівінтенсивного вирощування середньої маси тіла та виживаності дволіток показники рибопродуктивності ставів за коропом перебували в межах 872,1–1110,0 кг/га. За рахунок максимальних показників індивідуальної маси та виживаності помісних дволіток ♀ГРК × ♂МЛ(зл)К, в дослідженні саме вони забезпечили найвищий вихід рибопродукції — 1110 кг/га. Їхня перевага над дволітками реципрокної помісної групи ♀МЛ(зл)К × ♂ГРК та чистопорідних коропів лебединської заводської лінії складала відповідно 11,4 та 22,8% (рис. 3).

При цьому за вирощування чистопородних дволіток нивківської заводської лінії показник рибопродуктивності ставу був найнижчим — 872,1 кг/га, за вирощування антонінсько-зозуленецьких коропів був вищим на 9,9 кг/га (1,1%).



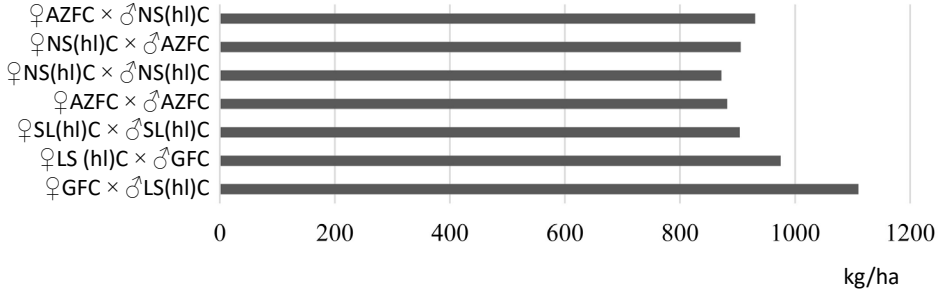


Fig. 3. Indicators of fish productivity of ponds for commercial two-year-old carp from different origins

few scaled Lebedyn hatchery line carp, the heterosis index was slightly higher – 107.8% in the inbred group ♀LS(hl)C × ♂GFC, and the highest – 122.8%, was in the cross ♀GFC × ♂LS(hl)C (Fig. 4).

According to the analysis of the physique of the crossbred age-1+ carps, it was found that the average value of the body length to height ratio in them was 2.58, with a range of fluctuations from 2.54 to 2.62 and with average values in the descendants of Galician carps 2.54–2.55, and Antoniny-Zozulenets – 2.58–2.61. Accordingly, the superiority in this parameter was 1.2–2.8%. At the same time, the

У помісної групи із їх материнською лінією рибопродуктивність була найвищою у господарстві — 930,6 кг/га, яка на 2,7% переважала таку помісної реципрочної групи.

Індекс гетерозису за показником рибопродуктивності ставив перебував у межах 102,7–122,8%. При цьому нижчі індекси гетерозису були отримані у схрещуваннях нивківських та антонінсько-зозуленецьких коропів — 102,7–106,7%. При схрещуванні більш віддалених галицьких та малолускатих лебединської заводської лінії коропів індекс гетерозису був дещо вищим — 107,8%

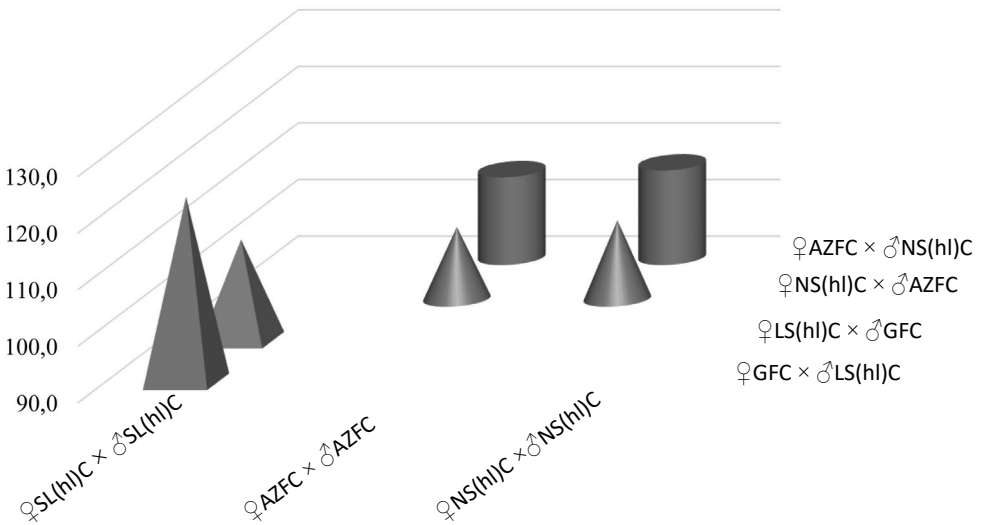


Fig. 4. Heterosis effect in crossbred age-1+ framed carps from different genesis according to the fish productivity



difference between the average values of crossbred and purebred carps in absolute values was only 0.01, which in relative values was 0.6%, that is, in terms of exterior they had a similar high-backed physique. Also, the girth index of the studied carp groups shows that the descendants of Galician carp have higher values due to their higher body constitution. However, the superiority was insignificant – 1.6%, as is the difference in the girth index between crossbred and purebred carps – 1.0% (Table 2).

Thus, the obtained productivity results and the attractive high-backed physique of the native carps give reason to recommend these crossings in order to obtain new promising lines for industrial cultivation at different levels of intensification in the Polissya zone of Ukraine.

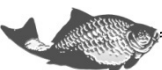
у помісної групи ♀МЛ(зл)К × ♂ГРК, а найвищим (122,8%) він був у схрещуванні ♀ГРК × ♂МЛ(зл)К (рис. 4).

Згідно із проведеним аналізом тілобудови помісних дволіток, встановлено, що середнє значення індексу високоспинності у них складало 2,58, з межами коливань від 2,54 до 2,62 та з середніми значеннями у нащадків галицьких коропів — 2,54–2,55, а антонінсько-зозуленецьких — 2,58–2,61. Відповідно, перевага за даним показником складала 1,2–2,8%. При цьому різниця між середніми показниками у помісних та чистопорідних дволіток в абсолютних значеннях дорівнювала лише 0,01, що у відносних значеннях становить 0,6%, тобто за екстер'єром, у відповідності до даного показника, вони мали схожу високоспінну тілобудову. Також, показник індексу обхвату тіла у досліджених груп коропа свідчить, що нащадки галицьких коропів за рахунок вищої конституції тіла мають його вищі значення. Однак перевага є незначною — 1,6%, як і різниця індексу обхвату між помісними та чистопорідними дволітками — 1,0% (табл. 2).

Таким чином, отримані результати продуктивності та приваблива високоспінна тілобудова помісних коропів дають підставу рекомендувати дані схрещування з метою отримання нових перспективних ліній для промислового вирощування при різних рівнях інтенсифікації в зоні Полісся України.

Table 2. Characteristics of the main body structure indices of age-1+ carps from different genesis (M±m), n = 15

Experimental farms	Type of crossing	I/H	I/O
State Enterprise Experimental Farm "Nyvka"	♀GFC × ♂LS(hl)C	2.55±0.03	1.10±0.01
	♀LS(hl)C × ♂GFC	2.54±0.02	1.11±0.02
	♀LS(hl)C × ♂LS(hl)C	2.62±0.02	1.12±0.01
	♀AZFC × ♂AZFC	2.61±0.03	1.12±0.01
PJSC "Khmelnyskrybhosp"	♀NS(hl)C × ♂NS(hl)C	2.60±0.01	1.11±0.01
	♀SN(hl)C × ♂AZFC	2.58±0.03	1.11±0.02
	♀AZFC × ♂NS(hl)C	2.61±0.02	1.14±0.02



CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

Growing industrial lines of age-1+ carps showed that the average individual body weight during semi-intensive cultivation was within 789.0–929.3 g. The highest productive parameters were obtained in the crossbreeding ♀GFC × ♂LS(hl)C, in which the average body weight exceeded the pure line by 17.8%, and in crossbred age-1+ carps from reciprocal crossing – by 13.0%. Among the age-1+ carps obtained from the crossing of carps of the Nyvka hatchery line and the Antoniny-Zozulenets intrabreed type, the best weight gain was observed in the cross of ♀NS(hl)C × ♂AZFC. Their superiority in body weight over pure lines was from 6.6 to 8.4%.

The survival rate of age-1+ carps was within 71.7–81.3%, with an average value of 76.4% and a predominance of crossbred descendants of Galician carp. In accordance with the obtained average body weight and survival of age-1+ carps, under semi-intensive cultivation, the fish productivity of carp ponds was within 872.1–1110.0 kg/ha, while in both variants of the study, the superiority of crossbred carp over purebred parent lines was noted. However, certain differences were found in the heterosis index value for the fish productivity depending on the origin of the inbred age-1+ carps. For example, in crosses of Nyvka and Antoniny-Zozulenets carps, the heterosis index was 102.7–106.7%, and in crosses of Galician and Lebedyn few scaled carps – 107.8–122.8% with its maximum value in the cross ♀GFC × ♂LS(hl)C.

Taking into account the results obtained, it is advisable to continue studying the productive and economic parameters of growing these interspecific groups of carp in production conditions at different levels of intensification and to conduct a detailed analysis of their biological fea-

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

У результаті вирощування промислових ліній рамчастих дволіток коропа встановлено, що середній показник індивідуальної маси тіла за напівінтенсивного культивування перебував в межах 789,0–929,3 г. Найвищі продуктивні показники були отримані у схрещуванні ♀ГРК × ♂МЛ(зл)К, у якому середня маса тіла переважала даний показник чистої лінії на 17,8%, та у помісних дволіток від реципрокного схрещування — на 13,0%. Серед дволіток, отриманих від схрещування коропів нивківської заводської лінії та антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу, найкращим темпом росту характеризувалася помісь ♀МН(зл)К × ♂АЗРК. Їхня перевага за показником маси тіла над чистими лініями складала від 6,6 до 8,4%.

Виживаність дволіток перебувала в межах 71,7–81,3%, із середнім значенням 76,4% та перевагою помісних нащадків галицьких коропів. У відповідності до отриманої середньої маси тіла та виживаності дволіток, за напівінтенсивного вирощування рибопродуктивність ставів за коропом знаходилася в межах 872,1–1110,0 кг/га, при цьому у обох варіантах дослідження відмічена перевага помісних коропів над чистопорідними вихідними лініями. Проте за величиною індексу гетерозису за показником рибопродуктивності встановлено певні відмінності у залежності від походження помісних дволіток. Так, у схрещуваннях нивківських та антонінсько-зозуленецьких коропів індекс гетерозису складав 102,7–106,7%, а у схрещуваннях галицьких та лебединських малолускатих коропів — 107,8–122,8%, із його максимальним значенням у схрещуванні ♀ГРК × ♂МЛ(зл)К.

Враховуючи отримані результати, доцільним є продовження вивчення продуктивних і економічних показни-



tures in order to determine the patterns of formation of productive traits of Ukrainian carp breeds.

CONFLICT OF INTEREST

There is no conflict of interest between the authors in this work.

SOURCES OF FUNDING

The results obtained are part of the scientific research program of the NAAS for 2021–2025: 32. “System of comprehensive scientific support for fisheries in inland waters of Ukraine” (“Aquaculture and fishery”) under task 32.00.00.06F “Implementation of synthetic selection and industrial crossing of structural units of Ukrainian carp breeds taking into account their genetic characteristics”, state registration number 0121U108913.

REFERENCES

1. Hrytsynyak, I. I., Gurbik, V. V., & Kurinenko, H. A. (2022). Native Types of Carp in Aquaculture of Ukraine (a Review). *Hydrobiological Journal*, 58, 1, 34-44. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v58.i1.40>.
2. Oleksiienko, O. O., et al. (2012). Vykorystannia bezperervno polipshuvano vidboru v seleksii ukrainskykh koropiv. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 1, 78-87.
3. Oleshko, M. O., et al. (2020). Rybnytsko-biologichne otsiniuvannia pomisnykh koropiv ukrainskoi seleksii na pershomu rotsi zhyttia. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva*, 1, 132-141. *rep.btsau.edu.ua*. Retrieved from: <https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/4994/3/>

ків вирощування даних помісних груп коропа у виробничих умовах за різних рівнів інтенсифікації та проведення детальнього аналізу їх біологічних особливостей з метою визначення закономірностей становлення продуктивних ознак українських порід коропа.

КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

У цій роботі конфлікт інтересів авторів відсутній.

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Отримані результати є складовою програми наукових досліджень НААН на 2021–2025 рр.: 32. «Система комплексного наукового забезпечення рибного господарства на внутрішніх водоймах України» («Рибництво та рибальство») за завданням 32.00.00.06Ф «Здійснення синтетичної селекції та промислового схрещування структурних одиниць українських порід коропа з урахуванням їх генетичних особливостей» (№ держреєстрації 0121U108913).

ЛІТЕРАТУРА

1. Hrytsynyak, I. I., Gurbik, V. V., Kurinenko, H. A. Native Types of Carp in Aquaculture of Ukraine (a Review) // *Hydrobiological Journal*. 2022. Vol. 58, iss. 1. P. 34—44. <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v58.i1.40>.
2. Використання безперервно поліпшуваного відбору в селекції українських коропів / Олексієнко О. О. та ін. // Рибогосподарська наука України. 2012. № 1. С. 78—87. URL : https://fsu.ua/images/jurnal/2012-01/2012-01_078-87Oleksiyenko.pdf (дата звернення : 27.10.2025).
3. Рибницько-біологічне оцінювання помісних коропів української селекції на першому році життя / Олешко М. О. та ін. // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2020.



- Rybnytsko-bioloh_otsinka.pdf.
4. Hurbyk, V. V., Shyshman, H. F., Bekh, V. V., & Kurinenko, H. A. (2021). Kharakterystyka rybnytsko-biolohichnykh pokaznykh pomisnoho potomstva vid skhreshchuvannya nyvkivskoho luskatoho i maloluskatoho koropa lebedynskoi zavodskoi linii. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, 2, 26-35. <https://doi.org/10.32851/wba.2021.2.3>.
 5. Krasnopolska, O. V., & Kurineko, H. A. (2022). Kharakterystyka retsyproknykh pomisei antoninsko-zozulenetskykh ta halyskykh ramchastykh koropiv na pershomu rotsi zhyttia. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, 2, 128-137. <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.8>.
 6. Hrishyn, B. O., & Osoba, I. A. (2016). Rol hibrydzatsii u stavovomu rybnytstvi Ukrainy na prykladi otsinky pomisnykh koropiv pershoho pokolinnia vid skhreshchuvannya antoninsko-zozulenetskoho i liubinskoho vnutrishnoporodnykh typiv ukrainskoi ramchastoi porody. *Efektivne funktsionuvannya ekolohichno stabilnykh terytorii u konteksti stratehii stiikoho rozvytku: ahroekolohichnyi, sotsialnyi ta ekonomichnyi aspekty: materialy I vseukr. nauk.-prakt. konf., Poltava, 2016 r.* Poltava, 118-120.
 7. Martseniuk, V. P. (2013). Heterozys ta promyslova hibrydzatsiia v rybnytstvi. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho universytetu. Serii "Tvarynytstvo"*, 7 (23), 155-159.
 8. Oleksiienko, O. O., et al. (2012). Heterozys u rybnytstvi. *Rybne hospodarstvo Ukrainy*, 4, 13-23.
 9. Kuts, U. S., & Zabytivskiy, Yu. M. (2018). Efekt heterozysu koropiv riznoho henezysu pry yikh skhreshchuvanniakh. *Suchasni problemy teoretychnoi ta praktychnoi ikhtiologii: Materialy XI mizhnarodnoi ikhtiologichnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, 18-20 veresnia 2018 roku, m. Lviv, Ukraina.* Lviv.
 - № 1. С. 132—141. URL : https://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/4994/3/Rybnytsko-bioloh_otsinka.pdf (дата звернення : 27.10.2025).
 4. Характеристика рибницько-біологічних показників помісного потомства від схрещування нивківського лускатого і малолускатого коропа лебединської заводської лінії / Гурбик В. В. та ін. // Водні біоресурси та аквакультура. 2021. № 2. С. 26—35. <https://doi.org/10.32851/wba.2021.2.3>.
 5. Краснопольська О. В., Курінеко Г. А. Характеристика реципрокних помісей антонінсько-зоуленецьких та галицьких рамчастих коропів на першому році життя // Водні біоресурси та аквакультура. 2022. № 2. С. 128—137. <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.8>.
 6. Грішин Б. О., Особа І. А. Роль гібридизації у ставовому рибництві України на прикладі оцінки помісних коропів першого покоління від схрещування антонінсько-зоуленецького і любінського внутрішньопородних типів української рамчастої породи // Ефективне функціонування екологічно стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти : I Всеукр. наук.-практ. конф., м. Полтава, 2016 р. : матер. Полтава, 2016. С. 118—120.
 7. Марценюк В. П. Гетерозис та промислова гібридизація в рибництві // Вісник Сумського національного університету. 2013. Вип. 7 (23). С. 155—159. (Серія «Тваринництво»).
 8. Гетерозис у рибництві / Олексіенко О. О. та ін. // Рибне господарство України. 2012. № 4. С. 13—23.
 9. Куць У. С., Забитівський Ю. М. Ефект гетерозису коропів різного генезису при їх схрещуваннях // Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології : XI Міжнар. іхтіологічна наук.-практ. конф., 18-20 вер. 2018 р.,



10. Lou, Y. D. (2006). Fish Breeding. *Cross Breeding*. Shen, J. B., & Liu, M. H. (Eds.). Beijing: China Agriculture Press, 40-106. <https://www.agriscigroup.us/articles/IJAFS-3-126.php>.
11. Li, W. T. (2000). Animal Genetics and Breeding. *Utilization of Heterosis*. Beijing: China Agricultural University Press, 265-284. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1103-7>.
12. Vandeputte, M., Peignon, E., Vallod, D., Haffray, P., Komen, J., & Chevasus, C. (2002). Comparison of growth performances of three French strains of common carp (*Cyprinus carpio*) using hemi-isogenic scaly carp as internal control. *Aquaculture*, 205, 19-36. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00661-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00661-5).
13. Hulata, G. (1995). A review of genetic improvement of the common carp (*Cyprinus carpio* L.) and other cyprinids by crossbreeding, hybridization and selection. *Aquaculture*, 129, 143-155. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00244-I](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00244-I).
14. Ryo, Suzuki, & Motoyoshi, Yamaguchi. (1980). Improvement of Quality in the Common Carp by Crossbreeding. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 46(12), 1427-1434. www.jstage.jst.go.jp. Retrieved from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan1932/46/12/46_12_1427/_pdf.
15. Bakos J., & Gorda S. (1995). Genetic improvement of common carp strains using intraspecific hybridization. *Aquaculture*, 129, 1-4, 183-186. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00245-J](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00245-J).
16. Hermawan, David, Sutarjo, Ganjar Adhywirawan, Prasetyo, Dony, Lisma, Dahlia, & Deky, Arisandy. (2024). Reproductive performance of crossbreeding between local female and imported male koi at CV. Indokoi Malang. *BIO Web Conf.* 2024, 143. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414302005>.
17. Shapira, Yechiam, Magen, Yigal, Zak, м. Львів, Україна : матер. Львів, 2018.
10. Lou Y. D. Fish Breeding // Cross Breeding. Beijing : China Agriculture Press, 2006. P. 40—106. URL : <https://www.agriscigroup.us/articles/IJAFS-3-126.php> (accessed : 27.10.2025).
11. Li W. T. Animal Genetics and Breeding // Utilization of Heterosis. Beijing : China Agricultural University press, 2000. P. 265—284. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1103-7>.
12. Comparison of growth performances of three French strains of common carp (*Cyprinus carpio*) using hemi-isogenic scaly carp as internal control / Vandeputte M. et al. // *Aquaculture*. 2002. Vol. 205. P. 19—36. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00661-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00661-5).
13. Hulata G. A review of genetic improvement of the common carp (*Cyprinus carpio* L.) and other cyprinids by crossbreeding, hybridization and selection // *Aquaculture*. 1995. Vol. 129. P. 143—155. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00244-I](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00244-I).
14. Ryo Suzuki, Motoyoshi Yamaguchi. Improvement of Quality in the Common Carp by Crossbreeding // *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 1980. Vol. 46(12). P. 1427—1434. URL : https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan1932/46/12/46_12_1427/_pdf (accessed : 27.10.2025).
15. Bakos J., Gorda S. Genetic improvement of common carp strains using intraspecific hybridization // *Aquaculture*. 1995. Vol. 129, iss. 1-4. P. 183—186. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00245-J](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00245-J).
16. Reproductive performance of crossbreeding between local female and imported male koi at CV Indokoi Malang / Hermawan David et al. // *BIO Web Conf.* 2024. Vol. 143. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202414302005>.
17. Differential resistance to koi herpes virus (KHV)/carp interstitial nephritis and gill necrosis virus (CNGV) among com-



- Tatyana, Kotler, Moshe, Hulata, Gideon, & Sivan, Berta. (2005). Differential resistance to koi herpes virus (KHV)/carp interstitial nephritis and gill necrosis virus (CNGV) among common carp (*Cyprinus carpio* L.) strains and crossbreds. *Aquaculture*, 245, 1–4, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.038>.
18. Ødegård, Jørgen, Olesen, Ingrid, Dixon, Peter, Nielsen, Hanne, Way, Keith, et al. (2010). Genetic analysis of common carp (*Cyprinus carpio*) strains. II: Resistance to koi herpesvirus and *Aeromonas hydrophila* and their relationship with pond survival. *Aquaculture*, 304, 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.017>.
 19. Guy, J. A., Jerry, D. R., & Rowland, S. J. (2009). Heterosis in fingerlings from a diallel cross between two wild strains of silver perch (*Bidyanus bidyanus*). *Aquaculture Research*, 40, 1291-1300.
 20. Oleksiienko, O. O., Tomilenko, V. H., & Kucherenko, A. P. (1995). Instruktisiia z orhanizatsii ta vedennia promyslovoi hibrydyzatsii v koropivnytstvi. *Intensyvne rybnytstvo*. Kyiv: Ahrarna nauka, 74-83.
 21. Basovskiy, M. Z., Burkat, V. P., & Vinnychuk D. T., et al. (2001). *Rozvedenia silskohospodarskykh tvaryn*. Bila Tserkva.
 - mon carp (*Cyprinus carpio* L.) strains and crossbreds / Shapira Yechiam et al. // *Aquaculture*. 2005. Vol. 245, iss. 1–4. P. 1—11. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.038>.
 18. Genetic analysis of common carp (*Cyprinus carpio*) strains. II: Resistance to koi herpesvirus and *Aeromonas hydrophila* and their relationship with pond survival / Ødegård Jørgen et al. *Aquaculture*. 2010. Vol. 304. P. 7—13. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.03.017>.
 19. Guy J. A., Jerry D. R., Rowland S. J. Heterosis in fingerlings from a diallel cross between two wild strains of silver perch (*Bidyanus bidyanus*) // *Aquaculture Research* 2009. Vol. 40. P. 1291—1300.
 20. Олексієнко О. О., Томіленко В. Г., Кучеренко А. П. Інструкція з організації та ведення промислової гібридизації в коропівництві // *Інтенсивне рибицтво*. Київ : Аграрна наука, 1995. С. 74—83.
 21. Розведення сільськогосподарських тварин / Басовський М. З. та ін. Біла Церква, 2001. 152 с.

