

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407

(Поступила в редакцию 15.03.2025)

В статье рассматриваются рыбохозяйственные признаки (прирост, кратность увеличения массы, выживаемость) и проявление эффекта гетерозиса по этим признакам у двухлетков двухпородных кроссов карпа. Материалом для получения межпородных кроссов являлись две породы белорусской селекции: «Лахвинский» карп, включающий две отводки (чешуйчатый и зеркальный карп); «Изобелинский» карп, включающий также две отводки («Смесь зеркальная», «Столин XVIII»); а также импортные породы – карпы породы «Фресинет», «Немецкий», «Югославский», «Сарбоянский» карпы.

В результате исследования рыбохозяйственных показателей двухпородных кроссов карпа и чистопородных исходных родительских форм установлено, что по средней индивидуальной массе двухпородные кроссы карпа уступают исходным родительскими формами, а по выживаемости превосходят их. Средняя масса гибридных двухлетков составила 630,4 г. Кратность увеличения массы тела составила 25,8 раз. Все опытные группы отличались высокой выживаемостью, средний показатель составил 99,1 %. У 11 кроссов из 16 выход составил 100 %. По комплексу рыбохозяйственных признаков более продуктивными оказались реципрокные кроссы немецкий × столин XVIII и отводка смесь зеркальная × сарбоянский, а также кросс отводка столин XVIII × югославский. Установлено, что на этапе товарного выращивания наблюдается проявление эффекта гетерозиса. Средний расчет величины эффекта гетерозиса показал, что наиболее сильно проявление эффекта гетерозиса по рыбохозяйственным показателям наблюдается у кроссов карпа: реципрокный кросс немецкий × столин XVIII (39,85), отводка столин XVIII × югославский (28,06), лахвинский зеркальный × фресинет (17,54). Среднее значение ИГ по выживаемости двухлетков кроссов – 43,28 %, по кратности увеличения массы тела – 8,96 %.

Ключевые слова: карп, двухлеток, гетерозис, линия, порода, селекция, рыбохозяйственные признаки.

The article considers fishery characteristics (gain, weight increase rate, survival) and the manifestation of the heterosis effect for these characteristics in two-year-olds of two-breed carp crosses. The material for obtaining interbreed crosses were two breeds of Belarusian selection: "Lakhvinsky" carp, including two offshoots (scaly and mirror carp); "Izobelinsky" carp, also including two offshoots ("Mirror mix", "Stolin XVIII"); as well as imported breeds – carp of the "Fresinet", "German", "Yugoslavian", "Sarboyan-sky" breeds. As a result of the study of fishery indicators of two-breed carp crosses and purebred original parental forms, it was established that in terms of average individual weight, two-breed carp crosses are inferior to the original parental forms, and in terms of survival, they surpass them. The average weight of two-year-old hybrid fish was 630.4 g. The body weight increase rate was 25.8 times. All experimental groups were characterized by high survival rate, the average value was 99.1 %. The yield was 100 % in 11 out of 16 crosses. According to the complex of fishery characteristics, the most productive were the reciprocal crosses German × Stolin XVIII and the offshoot mixture Zerkalo × Sarboyan-sky, as well as the cross offshoot Stolin XVIII × Yugoslavsky. It was found that the heterosis effect is observed at the stage of commercial rearing. The average calculation of the heterosis effect value showed that the strongest manifestation of the heterosis effect in terms of fishery characteristics is observed in the carp crosses: the reciprocal cross German × Stolin XVIII (39.85), the offshoot Stolin XVIII × Yugoslavsky (28.06), and Lakhvinsky Zerkalo × Fresinet (17.54). The average IG value for survival of two-year-old crosses is 43.28 %, for the body weight increase rate – 8.96 %.

Key words: carp, two-year-old fish, heterosis, line, breed, selection, fishery characteristics.

Карп (*Cyprinus carpio*) – ключевой вид в товарном рыбоводстве, особенно популярный в прудовых хозяйствах Западной Европы, Центральной и Юго-Восточной Азии, а также в Беларуси, где он занимает ведущее место в промышленном выращивании (около 70 %) [2, с.11; 4]. Его востребованность обусловлена неприхотливостью: рыба легко адаптируется к колебаниям состава воды, кормовой базы и других параметров среды. Современные породы отличаются высокой продуктивностью – интенсивным ростом (до 1 кг за первый год и 2–3 кг за второй), эффективной усвояемостью кормов и значительной плодовитостью. Отдельные особи способны достигать 25 кг при длине до 1 метра. При интенсивной технологии выращивания урожайность в прудах составляет 2–3 тонны с гектара водной площади, что подчеркивает экономическую эффективность этого вида в аквакультуре [4].

В данном исследовании рассматриваются рыбохозяйственные показатели двухлетков двухпородных кроссов карпа в сравнении с чистыми линиями, что позволяет оценить эффект гетерозиса и определить наиболее перспективные гибридные комбинации. Актуальность исследования связана с необходимостью разработки научно обоснованных рекомендаций, направленных на повышение рентабельности товарного рыбоводства.

Важным направлением повышения продуктивности в рыбоводстве является модернизация генетического потенциала карпа. Это предполагает не только совершенствование существующих пород, но и выведение новых, основанных на генетическом материале местных популяций, которые естественным образом адаптированы к региональным климатическим условиям и особенностям водоёмов. Ис-

пользование таких локальных генетических ресурсов позволяет усилить устойчивость рыбы к заболеваниям, температурным колебаниям, специфике кормовой базы, что в итоге повышает выживаемость и рентабельность выращивания [5, с. 31–34].

Ключевые задачи включают селекцию на ускорение роста, улучшение конверсии корма, увеличение плодовитости и адаптивности к климатическим факторам. Интеграция современных биотехнологий может ускорить создание высокопродуктивных кроссов. Результаты многолетних селекционных исследований по выведению новых пород рыб доказали высокую результативность применения промышленной гибридизации в аквакультуре. Этот метод служит эффективным способом не только разработки новых, но и модернизации уже существующих одомашненных пород, позволяя усиливать их продуктивные и адаптивные характеристики [6, 11].

Выращивание высокопродуктивных пород и промышленных кроссов карпа, обладающих улучшенными рыбоводно-биологическими свойствами, позволяет увеличить продуктивность прудов на 10–25 %. Этот подход не только сохраняет биоразнообразие, но и способствует развитию устойчивой аквакультуры, обеспечивая стабильные объёмы производства даже в условиях климатических стрессов, что особенно актуально в контексте глобальной продовольственной безопасности [1, 3, 8].

Выращивание двухпородных кроссов и чистых линий карпа, полученных в результате экспериментальных скрещиваний, проводили в селекционно-племенном участке «Изобелино» РУП «Институт рыбного хозяйства».

Материалом для получения межпородных кроссов являлись две породы белорусской селекции: «Лахвинский» карп, включающий две отводки (чешуйчатый и зеркальный карп); «Изобелинский» карп, включающий также две отводки («Смесь зеркальная», «Столин XVIII»); а также импортные породы – карпы породы «Фресинет», «Немецкий», «Югославский», «Сарбоанский» карпы [9, 12]. Выращивание двухпородных кроссов и чистых линий карпа проводили по общепринятым и разработанным лабораторией селекции и племенной работы РУП «Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси» методикам [10]. Статистическую обработку собранного материала проводили по общепринятой методике и в программе «STATISTICA» [7].

Плотность зарыбления годовиков двухпородных кроссов карпа, а также чистых линий и пород карпа составляет 1,1 тыс.экз/га, что соответствует норме для выращивания племенного материала. Сравнительная характеристика рыбохозяйственных показателей двухлетков двухпородных кроссов карпа и чистопородных исходных родительских форм представлена в табл. 1.

Таблица 1.

| Породная принадлежность | Количество, экз. | | Масса средняя, г | | Прирост, г | Кратность увеличения массы, раз | Выживаемость, % |
|-------------------------------------|------------------|-----------|------------------|------------|------------|---------------------------------|-----------------|
| | посажено | выловлено | посажено | выловлено | | | |
| Кроссы: | | | | | | | |
| Немецкий × столин XVIII | 90 | 90 | 18,9 | 680,0 | 661,1 | 36,0 | 100,0 |
| Сарбоанский × столин XVIII | 135 | 135 | 35,6 | 597,8 | 562,2 | 16,8 | 100,0 |
| Столин XVIII × немецкий | 115 | 115 | 31,3 | 692,2 | 660,9 | 22,1 | 100,0 |
| Столин XVIII × сарбоанский | 382 | 382 | 28,3 | 629,8 | 601,6 | 22,3 | 100,0 |
| Столин XVIII × фресинет | 105 | 105 | 41,0 | 751,4 | 710,5 | 18,3 | 100,0 |
| Столин XVIII × югославский | 162 | 162 | 22,8 | 677,2 | 654,3 | 29,6 | 100,0 |
| Немецкий × смесь зеркальная | 125 | 122 | 21,6 | 613,9 | 592,3 | 28,4 | 97,6 |
| Смесь зеркальная × немецкий | 147 | 147 | 25,2 | 667,3 | 642,2 | 26,5 | 100,0 |
| Сарбоанский × смесь зеркальная | 120 | 120 | 25,8 | 678,3 | 652,5 | 26,3 | 100,0 |
| Смесь зеркальная × сарбоанский | 117 | 117 | 26,5 | 689,7 | 663,2 | 26,0 | 100,0 |
| Смесь зеркальная × югославский | 35 | 34 | 20,0 | 567,6 | 547,6 | 28,4 | 97,1 |
| Немецкий × лахвинский чешуйчатый | 56 | 56 | 21,4 | 569,6 | 548,2 | 26,6 | 100,0 |
| Немецкий × лахвинский зеркальный | 83 | 80 | 22,9 | 551,3 | 528,4 | 24,1 | 96,4 |
| Ляхвинский зеркальный × фресинет | 209 | 207 | 20,1 | 571,5 | 551,4 | 28,4 | 99,0 |
| Сарбоанский × лахвинский зеркальный | 100 | 95 | 17,0 | 557,9 | 540,9 | 32,8 | 95,0 |
| Сарбоанский × лахвинский чешуйчатый | 71 | 71 | 29,6 | 590,1 | 560,6 | 20,0 | 100,0 |
| X , кроссы | 2052 | 2038 | 25,5±1,6 | 630,4±15,3 | 604,9 | 25,8 | 99,1 |
| Белорусские линии: | | | | | | | |
| Столин XVIII | 897 | 698 | 33,9 | 727,1 | 693,2 | 21,5 | 77,8 |
| Смесь зеркальная | 1144 | 850 | 23,9 | 708,0 | 684,1 | 29,7 | 74,3 |
| Ляхвинский зеркальный | 415 | 288 | 22,2 | 661,8 | 639,6 | 29,9 | 69,4 |
| Ляхвинский чешуйчатый | 2011 | 1510 | 30,3 | 721,0 | 690,7 | 23,8 | 75,1 |
| X , белорусские линии | 4467 | 3346 | 27,6±2,7 | 704,5±14,8 | 676,9 | 26,2 | 74,2 |
| Импортные породы: | | | | | | | |
| Югославский | 512 | 332 | 31,4 | 630,1 | 598,7 | 20,0 | 64,8 |
| Фресинет | 110 | 63 | 29,1 | 649,2 | 620,1 | 22,3 | 57,3 |
| Немецкий | 70 | 49 | 32,9 | 608,2 | 575,3 | 18,5 | 70,0 |
| Сарбоанский | 172 | 102 | 27,9 | 698,0 | 670,1 | 25,0 | 59,3 |
| X , импортные породы | 864 | 546 | 30,3±1,1 | 646,4±19,1 | 616,1 | 21,5 | 62,9 |

Средняя масса гибридных двухлетков составила 630,4 г, с колебаниями от 551,3 г (немецкий × лахвинский зеркальный) до 751,4 г (отводка столин XVIII × фресинет). Прирост массы тела двухлетков колебался от 528,4 г (немецкий × лахвинский зеркальный) до 710,5 г (отводка столин XVIII × фресинет), в среднем прирост составил 604,9 г. Кратность увеличения массы тела, указывающая во сколько раз двухлетки превосходят годовиков, колебалась от 16,8 (реципрокный кросс сарбоанский × столин XVIII) до 36,0 раз (реципрокный кросс немецкий × столин XVIII). Средний уровень этого показателя составил 25,8 раза.

Все опытные группы кроссов отличались высокой выживаемостью, в среднем 99,1 %. У 11 кроссов выход составил 100 %. Более низкий уровень выживаемости двухлетков отмечен у сочетания сарбоанский × лахвинский зеркальный (95,0 %).

Средняя масса двухлетков линий карпа белорусской селекции составила 704,5 г, с колебаниями от 661,8 г («Ляхвинский зеркальный») до 727,1 г (отводка «Столин XVIII»). Прирост массы тела двухлетков колебался от 639,6 г («Ляхвинский зеркальный») до 693,2 г (отводка «Столин XVIII»), в среднем прирост составил 676,9 г. Кратность увеличения массы тела колебалась от 21,5 («Столин XVIII») до 29,9 раз («Ляхвинский зеркальный»). Средний уровень этого показателя составил 26,2 раза. Средняя выживаемость двухлетков линий карпа белорусской селекции составила 74,2 %.

Средняя масса импортных пород составила 646,4 г, с колебаниями от 608,2 г («Немецкий») до 798,0 г («Сарбоанский»). Прирост массы тела двухлетков колебался от 575,3,4 г («Немецкий») до 670,1 г («Сарбоанский»), в среднем прирост составил 616,1 г. Кратность увеличения массы тела колебалась от 18,5 («Немецкий») до 25,0 раз («Сарбоанский»). Средний уровень этого показателя составил 21,5 раза. Средняя выживаемость импортных пород карпа составила 62,9 %.

В результате исследования рыбохозяйственных показателей двухпородных кроссов карпа и чистопородных исходных родительских форм установлено, что по средней индивидуальной массе двухпородные кроссы карпа уступают исходными родительскими формами, а по выживаемости превосходят их.

Для представления о том, какие же кроссы обладают преимуществом друг перед другом по рыбохозяйственным показателям проведена комплексная оценка рыбохозяйственных показателей методом ранжирования (табл. 2).

Таблица 2.

| Кроссы | Ранги | | | Σ, сумма | \bar{X} |
|-------------------------------------|---------|----------------------------|--------------|----------|-----------|
| | прирост | кратность увеличения массы | выживаемость | | |
| Немецкий × столин XVIII | 3 | 1 | 1 | 5 | 0,10 |
| Сарбоанский × столин XVIII | 10 | 16 | 1 | 27 | 0,56 |
| Столин XVIII × немецкий | 4 | 13 | 1 | 18 | 0,38 |
| Столин XVIII × сарбоанский | 8 | 12 | 1 | 21 | 0,44 |
| Столин XVIII × фресинет | 1 | 15 | 1 | 17 | 0,35 |
| Столин XVIII × югославский | 5 | 3 | 1 | 9 | 0,19 |
| Немецкий × смесь зеркальная | 9 | 4 | 13 | 26 | 0,54 |
| Смесь зеркальная × немецкий | 7 | 8 | 1 | 16 | 0,33 |
| Сарбоанский × смесь зеркальная | 6 | 9 | 1 | 16 | 0,33 |
| Смесь зеркальная × сарбоанский | 2 | 10 | 1 | 13 | 0,27 |
| Смесь зеркальная × югославский | 14 | 4 | 14 | 32 | 0,67 |
| Немецкий × лахвинский чешуйчатый | 13 | 7 | 1 | 21 | 0,44 |
| Немецкий × лахвинский зеркальный | 16 | 11 | 15 | 42 | 0,88 |
| Ляхвинский зеркальный × фресинет | 12 | 4 | 12 | 28 | 0,58 |
| Сарбоанский × лахвинский зеркальный | 15 | 2 | 16 | 33 | 0,69 |
| Сарбоанский × лахвинский чешуйчатый | 11 | 14 | 1 | 26 | 0,54 |

По комплексу рыбохозяйственных признаков более продуктивными оказались реципрокные кроссы немецкий × столин XVIII (0,10) и отводка смесь зеркальная × сарбоанский (0,27), а также кросс отводка столин XVIII × югославский (0,19).

Уровень эффекта гетерозиса по рыбохозяйственным показателям определяли с помощью индекса гетерозиса, выраженного в процентах (ИГ, %) (табл. 3). У двухпородных кроссов эффект гетерозиса по приросту массы тела оказался незначительным, величина индекса гетерозиса по этому показателю колебалась от 1,29 (отводка столин XVIII × югославский) до 8,20 (отводка столин XVIII × фресинет).

У отдельных кроссов кратность увеличения массы тела оказалась значительно выше, чем у родительских форм. Значительным преимуществом по этому признаку обладали реципрокный кросс немецкий × столин XVIII (80,00), сочетания отводка столин XVIII × югославский (42,65), немецкий × лахвинский чешуйчатый (25,77).

Таблица 3.

| Кроссы | ИГ, % | | | |
|-------------------------------------|---------|----------------------------|--------------|-----------|
| | прирост | кратность увеличения массы | выживаемость | \bar{X} |
| Немецкий × столин XVIII | 4,23 | 80,00 | 35,32 | 39,85 |
| Сарбоанский × столин XVIII | -17,52 | -27,74 | 45,88 | 0,21 |
| Столин XVIII × немецкий | 4,20 | 10,50 | 35,32 | 16,67 |
| Столин XVIII × сарбоанский | -11,74 | -4,09 | 45,88 | 10,02 |
| Столин XVIII × фресинет | 8,20 | -16,44 | 48,04 | 13,27 |
| Столин XVIII × югославский | 1,29 | 42,65 | 40,25 | 28,06 |
| Немецкий × смесь зеркальная | -5,94 | 17,84 | 35,27 | 15,72 |
| Смесь зеркальная × немецкий | 1,99 | 9,96 | 38,60 | 16,85 |
| Сарбоанский × смесь зеркальная | -3,63 | -3,84 | 49,70 | 14,08 |
| Смесь зеркальная × сарбоанский | -2,05 | -4,94 | 49,70 | 14,24 |
| Смесь зеркальная × югославский | -14,62 | 3,84 | 39,61 | 9,61 |
| Немецкий × лахвинский чешуйчатый | -13,40 | 25,77 | 37,84 | 16,72 |
| Немецкий × лахвинский зеркальный | -13,01 | -0,41 | 38,31 | 8,30 |
| Ляхвинский зеркальный × фресинет | -12,46 | 8,81 | 56,27 | 17,54 |
| Сарбоанский × лахвинский зеркальный | -17,40 | 19,49 | 47,63 | 16,57 |
| Сарбоанский × лахвинский чешуйчатый | -17,61 | -18,03 | 48,81 | 4,39 |

У всех опытных кроссов наблюдали проявление эффекта гетерозиса по выживаемости двухлетков, повышенными индексами гетерозиса характеризовались лахвинский зеркальный × фресинет (56,27) и реципрокных сочетаний «Сарбоанского» карпа с отводкой «Смесь зеркальная» (по 49,70).

Средний расчет величины эффекта гетерозиса показал, что наиболее сильно проявление эффекта гетерозиса по рыбохозяйственным показателям наблюдается у кроссов карпа: реципрокный кросс немецкий × столин XVIII (39,85), отводка столин XVIII × югославский (28,06), лахвинский зеркальный × фресинет (17,54).

Средняя масса гибридных двухлетков составила 630,4 г. Кратность увеличения массы тела составила 25,8 раз. Все опытные группы отличались высокой выживаемостью, средний показатель составил 99,1 %. У 11 кроссов из 16 выход составил 100 %.

Комплексная оценка рыбохозяйственных признаков методом ранжирования установила, что более продуктивными являются реципрокные кроссы немецкий × столин XVIII и отводка смесь зеркальная × сарбоанский, также сочетание отводка столин XVIII × югославский.

Средний расчет величины эффекта гетерозиса показал, что наиболее сильно проявление эффекта гетерозиса по рыбохозяйственным показателям наблюдается у кроссов карпа: реципрокный кросс немецкий × столин XVIII, отводка столин XVIII × югославский, лахвинский зеркальный × фресинет.

Установлено, что на этапе товарного выращивания наблюдается проявление эффекта гетерозиса. Среднее значение ИГ по выживаемости двухлетков кроссов – 43,28%, среднее значение ИГ по кратности увеличения массы тела 8,96 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеец, В. Ю. Научное обеспечение инновационного развития рыбной отрасли / В. Ю. Агеец // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Минск, 2013. – Вып. 29. – С. 8–22.
2. Агеец, В. Ю. О результатах рыбохозяйственной деятельности в Республике Беларусь за 2021 год / В. Ю. Агеец, В. Г. Костоусов, О. Н. Марцунь // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси, 38. – Минск, 2022. – 720 с.
3. Агеец, В. Ю. Состояние аквакультуры в республике Беларусь: возможности инновационного развития и научное обеспечение / В. Ю. Агеец // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Минск, 2015. – Вып. 31. – С. 14–24.
4. Аквакультура [Электронный ресурс] / Карп. – Режим доступа: <http://aquacultura.org/objects/22/1230/>. – Дата доступа: 15.04.2025.
5. ЕАЭС. Обзор рынка аквакультуры государств-членов Евразийского экономического союза. Москва. 2019 г. – 65 с.
6. Кирпичников, В. С. Методы и эффективность селекции ропшинского карпа. Сообщение I. Цели селекции, исходные формы и системы скрещиваний / В. С. Кирпичников // Генетика. – 1972. – Т.8. – С. 65–72.
7. Матицкий, С. Э. Методическое пособие по использованию программы STATISTICA при обработке данных биологических исследований. / С. Э. Матицкий – Минск: РУП «Институт рыбного хозяйства», 2009. – 76 с.
8. Рудый, Ю. М. Формирование и поддержание коллекционных стад импортных пород для сохранения генофонда карпов в Беларуси / Ю. М. Рудый // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – Минск, 2015. – Вып. 31. – С. 197–208.
9. Породы карпа Республики Беларусь / Е. В. Таразевич, А. П. Семенов, М. В. Книга и [др.] // Каталог пород карпа стран Центральной и Восточной Европы. – М., 2008. – С. 5–13.
10. Технологический регламент промышленного использования ремонтно-маточных стад чистых линий карпа Белорусской селекции / Таразевич Е. В., Прохорчик Г. А., Книга М. В., Семенов А. П., Башунова Н. Н. // Фонды РУП «Институт рыбного хозяйства НАН Беларуси». – Минск, 2000. – 8 с.
11. Хватов, А. И. Эффективность скрещивания и гибридизации в разных паратипических условиях. / А. И. Хватов, А. Ф. Ткачев, В. Е. Мазур // Тезисы докладов на 4 Международной конференции по проблемам «Научно - производственно-го аспекта развития отрасли свиноводства» (Лесные Поляны, 1997). – Лесные Поляны, 1997. – С. 29.
12. Рыбоводно-биологические и биохимико-генетические особенности карпов, разводимых в республике Беларусь / А. И. Чутаева, Г. А. Прохорчик, Н. Н. Башунова, М. В. Книга, Е. В. Таразевич и [др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси ААНРБ БелрыбНИИпроект. – Мн., 1997. – вып. 15. – С. 11–33.