

КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ СЕЛЕКЦИОННЫХ ГРУПП КАРПА ПРИ ДВУХЛИНЕЙНОМ РАЗВЕДЕНИИ

Г.И. ПРОНИНА^{1,2}, А.Г. МАННАПОВ¹

¹ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;
² ВНИИ интегрированного рыбоводства – филиал ВИЖ

Подбор самок и самцов различного происхождения для скрещивания позволит избежать отрицательного действия инбредной депрессии и получить гетерозисный эффект. В работе представлены результаты изучения продуктивных и физиологических свойств кроссов карпа – межлинейных или межпородных гибридов первого поколения. У полученных кроссов отмечен высокий потенциал роста, метаболизма и неспецифического клеточного иммунитета. Выявлено, что исследуемые комбинации скрещивания дали гетерозисный эффект, который проявился по-разному в зависимости от климатической зоны, плотности посадки, кормления. У кросса «Ергенинский», полученного от скрещивания Чешуйчатой местной и Молдавской зеркальной линий, истинный гетерозис по относительной скорости роста составил 85–89%. По сравнению с родительскими формами у него выявлена более высокая иммунная защита против патогенов судя по большой доле зрелых сегментоядерных нейтрофилов. Кросс «Зеркальный» – результат скрещивания самцов Молдавской зеркальной линии и самок Волжского рамчатого карпа – имеет разбросанный чешуйный покров (100%), по массе тела значительно превосходит Молдавскую зеркальную родительскую форму. У кросса меньшая доля в лейкограмме моноцитов и нейтрофилов, ниже содержание лизосомального катионного белка в последних, что дает основание предполагать расходование этих фагоцитов в процессе иммунной защиты. У кросса по сравнению с родительскими формами интенсивнее белковый обмен судя по высокому содержанию общего белка и альбуминов, активности АЛТ, липидный обмен – судя по содержанию холестерина. Активность креатинкиназы кросса «Волжский» в 2–3 раза снижена по сравнению с исходными группами. Кросс «Волжский» – межпородный реципрочный гибрид Южного зонального типа чувашского чешуйчатого карпа и Волжского рамчатого карпа – отличается высоким уровнем липидного обмена.

Ключевые слова: кросс рыб, гетерозис, гематологические показатели, биохимический анализ, лизосомально-катионный тест.

Снижение затрат при выращивании товарной рыбы обеспечивает промышленное скрещивание, при котором увеличивается скорость роста гибридов и снижаются затраты корма за счет проявления эффекта гетерозиса.

Обнаружено, что две (даже хорошие) породы не всегда дают потомство, в котором отдельные особи будут лучше родителей. Еще реже лучшим оказывается все потомство в целом. Поэтому комбинационная способность требует проведения испытаний во всех тех случаях, когда получение улучшенного потомства требует предварительного проведения скрещиваний [5].

Пресноводные рыбы обладают рядом биологических особенностей, которые облегчают применение методов промышленной гибридизации в прудовом рыболовстве. Кроме того, рыбы проявляют высокую плодовитость, значительную численность популяции, высокий уровень естественной гетерозиготности и явную инбредную депрессию при близкородственном скрещивании [1].

Несмотря на наличие достаточного количества отечественных и импортных пород карпа, позволяющих получать высокопродуктивные гибриды, доля высокопродуктивных рыб и их гибридов в общем объеме производства товарного карпа не превышает 12% [4].

Работ, посвященных физиолого-иммунологической оценке получаемых гибридов, немного. Выявлено, что кросс карпа «Петровский» унаследовал от родительских форм (анишская и чувашская породы карпа) высокую скорость роста, лучшие экстерьерно-интерьерные показатели и высокую резистентность организма. У кросса интенсивнее проходил эритропоэз, больше доля нейтрофилов в лейкограмме за счет моноцитов по сравнению с родительскими формами [3].

Установлены некоторые биохимические особенности в составе жирных кислот, определяющие зимостойкость алтайского зеркального карпа. Изучены биология и экология карпа, изменчивость и наследуемость его основных морфологических и физиологических признаков. Выявлены границы отбора в больших популяциях рыб, не оказывающие отрицательного влияния на рост, развитие организма и его воспроизводительную систему [6].

Цель настоящей работы: изучение хозяйственной ценности и физиологического состояния кроссов, получаемых при скрещивании производителей разного происхождения и уровня селекции.

Методика исследований

Исследования проводились в рыболовных хозяйствах (далее – р/х) Волгоградской области: ООО «Флора», СПК «Ергенинский» (пятая рыболовная зона).

Скрещивание проводили по схеме, представленной на рисунке.



Рис. Проведение скрещивания по схеме

1. Кросс «Ергенинский» получен путем реципрокного скрещивания Чешуйчатой местной и Молдавской зеркальной форм р/х «Ергенинский».
2. Кросс «Зеркальный» – результат скрещивания самцов Молдавской зеркальной линии р/х Ергенинский и самок Волжского рамчатого карпа р/х «Флора».
3. Кросс «Волжский» – реципрокный гибрид Южного зонального типа чувашского чешуйчатого карпа и Волжского рамчатого карпа р/х «Флора».

Сравнительная морфометрическая характеристика по размерно-весовым, экстерьерным и интерьерным признакам родительских форм и кроссов проведена на двухлетках карпа в соответствии с методикой «Проведение испытаний на отличимость, однородность и стабильность рыбы» [2]. Для сравнительного анализа использованы в основном относительные показатели (индексы телосложения), поскольку в разные годы исследований выращивание проводили при различных плотностях посадки, в некоторые периоды – при недостаточном кормлении рыб. Отчасти это позволило судить об адаптационных возможностях кросса, а также об изменениях их морфометрических и морфофизиологических параметров.

Относительный прирост вычислялся по формуле:

$$K = \frac{W_1 - W_0}{0,5 \cdot (W_1 + W_0)} \cdot 100\%,$$

где W_0 – первоначальная масса тела; W_1 – масса тела в конце определенного периода времени.

Поскольку в условиях хозяйства невозможно провести индивидуальное взвешивание рыб, относительный прирост определялся в группах рыб по средним величинам. Эффект гетерозиса при скрещивании пород определяли по формуле [8, 3]:

$$И = (\text{Пг} / \text{Пл} \times 100) - 100, \text{ или } И = \text{Пг} - \text{Пл} / \text{Пл} \times 100\%,$$

где И – абсолютный (истинный) гетерозис; Пг – признак гибрида; Пл – признак лучшей породы.

Интенсивность роста рыб (весовой, линейный), их развитие (экстерьерные показатели) изучали по общепринятым в ихтиологии и рыбоводстве методикам [7].

Физиологическую оценку проводили по гематологическим, цитохимическим и биохимическим показателям.

Кровь у рыб отбиралась из хвостовой вены с соблюдением правил асептики. Гематологические показатели определялись общепринятыми методами: дифференциальный подсчет лейкоцитов и эритропоз в окрашенных по Паппенгейму мазках периферической крови. Лизосомально-катионный тест проводили цитохимическим методом с бромфеноловым синим в модификации Г.И. Прониной [9].

Определялось содержание неферментного катионного белка в лизосомах нейтрофилов периферической крови. По степени активности исследуемые клетки делились на 4 группы:

- 0 степень – гранулы катионного белка отсутствуют;
- 1 степень – единичные гранулы;
- 2 степень – гранулы занимают примерно 1/3 цитоплазмы;
- 3 степень – гранулы занимают 1/2 цитоплазмы и более.

Средний цитохимический коэффициент (СЦК) рассчитывали по формуле:

$$\text{СЦК} = (0 \cdot N_0 + 1 \cdot N_1 + 2 \cdot N_2 + 3 \cdot N_3) / 100,$$

где N_0, N_1, N_2, N_3 – количество нейтрофилов с активностью 0, 1, 2 и 3 балла соответственно; $N_0 + N_1 + N_2 + N_3 = 100$.

Биохимию сыворотки крови проводили на анализаторе Chem Well Awareness Technology с использованием реактивов VITAL.

Математическую обработку цифровых материалов проводили с использованием программы Excel пакета Microsoft Office.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследования показали, что двухлетки кросса «Ергенинский» не имели достоверных отличий по массе тела от исходных форм (табл. 1). Тем не менее по относительной скорости роста кросс почти в два раза превосходил лучшую по данному признаку форму – Чешуйчатую местную Ергенинскую. Истинный гетерозис составил 85% и 89% соответственно у чешуйчатой и зеркальной групп кросса. Таким образом, несмотря на небольшую первоначальную массу, особи кросса «Ергенинский» имели достаточный потенциал роста и догнали в двухлетнем возрасте родительские формы.

**Гематологическая характеристика двухлеток кросса «Ергенинский»
и исходных форм**

Показатели	Чешуйчатые местные Ергенинские	Молдавские зеркальные Ергенинские	Кросс «Ергенинский»	
			Чешуйчатые	Зеркальные
	а	б	в	г
Масса тела, кг	0,99±0,05	0,91±0,05	0,92±0,08	1,03±0,11
Относительная скорость роста, %	2342	1514	4323	4420
Эритропоэз, %				
Гемоцитобласты, эритробласты	0,3±0,1	0,4±0,1	0,3±0,2	0,6±0,2
Нормобласты	2,6±0,4	2,7±0,5	2,8±0,6	2,2±0,5
Базофильные эритроциты	11,5±1,4	12,2±1,9	11,1±2,4	4,9±0,6 ^{аб}
Зрелые эритроциты	85,6±1,7	84,7±2,5	85,8±2,6	92,3±0,8 ^{абв}
Лейкоцитарная формула, %				
Промиелоциты	-	-	0,1±0,1	0,1±0,1
Миелоциты	-	0,5±0,4	0,6±0,2	0,4±0,3
Метамиелоциты	1,0±0,8	2,7±0,9	2,8±0,5	3,2±0,7
Палочкоядерные нейтрофилы	2,7±1,2	3,5±1,1	3,1±0,9	2,6±0,7
Сегментоядерные	2,3±0,5	1,7±0,7	4,1±0,5 ^{аб}	3,9±0,4 ^{аб}
Всего нейтрофилов	5,0±0,8	5,2±1,4	7,2±0,9	6,5±0,8
Эозинофилы	-	0,2±0,2	-	-
Базофилы	-	-	0,4±0,2	-
Моноциты	2,6±0,5	4,5±0,5 ^а	2,1±0,4 ^б	2,7±0,3 ^б
Лимфоциты	91,4±0,8	86,9±1,4 ^а	86,8±1,2 ^а	87,1±1,6 ^а
Лизосомально-катионный тест				
СЦК, ед.	1,62±0,15	2,29±0,05 ^а	2,07±0,06 ^а	1,99±0,06 ^б

Примечание. Здесь и далее: абв – различия достоверны.

По показателям эритропоэза чешуйчатая линия кросса «Ергенинский» не имеет достоверных различий. Однако у зеркальной группы кросса эритропоэз менее интенсивный, чем у чешуйчатой группы кросса и обеих родительских форм.

Для лейкограммы кросса в отличие от обеих родительских линий характерна значительная доля сегментоядерных форм нейтрофилов, являющихся зрелыми фагоцитами, что свидетельствует о хорошей иммунной защите кросса. У чешуйчатой группы кросса «Ергенинский» отмечено наличие базофилов – иммунокомпетентных клеток, которые не только поддерживают кровоток в небольших сосудах и обеспечивают миграционный путь прочим лейкоцитам в ткани, но и эффективно влияют на рост новых капилляров. Доля этой популяции клеток у кросса незначительна, что соответствует физиологической норме.

У Молдавских зеркальных рыб самыми высокими являются процент моноцитов в лейкоцитарной формуле и содержание лизосомального катионного белка в нейтрофилах крови среди других исследуемых групп карпа. Возможно, это связано с активацией фагоцитоза при подготовке рыб к зимовке.

Наибольшая доля лимфоцитов отмечается в крови родительской линии – Чешуйчатых местных Ергенинских. СЦК катионного белка у кроссов был на оптимальном уровне: у чешуйчатого кросса выше исходной чешуйчатой родительской формы, у зеркальной – ниже исходной зеркальной линии.

Уровень лактата в сыворотке крови чешуйчатой группы кросса «Ергенинский» превышал таковой у родительских форм, что связано с интенсивным процессом гликолиза и, следовательно, энергетическим обменом у рыб (табл. 2).

Таблица 2

Биохимическая характеристика двухлеток кросса «Ергенинский» и исходных форм

Показатели	Чешуйчатые местные Ергенинские	Молдавские зеркальные Ергенинские	Кросс «Ергенинский»	
			Чешуйчатые	Зеркальные
	а	б	в	г
АЛТ, ед/л	38,0±4,5	32,3±3,1	35,4±2,6	33,4±3,6
АСТ, ед/л	139±7	139±9	263±26	237±21
Глюкоза, ммоль/л	9,1±1,1	7,6±1,2	2,9±0,3	3,0±0,2
КК (креатинкиназа), ед/л	4026±426	4586±376	2526±459	2796±322
Лактат, мг/дл	37±7	32±6	50±5 ^б	42±9
ЩФ, ед/л	28±5	15±3 ^а	73±50	65±29
Общий белок, г/дл	17,2±1,0	17,4±1,2	18,2±0,7	20,1±1,1
Альбумин, г/дл	8,2±0,5	8,2±0,7	8,1±0,4	9,2±0,4
Триглицериды мг/дл	50±7	40±6	108±7 ^{аб}	75±8 ^{абв}
Холестерин мг/дл	92±6	85±6	138±14 ^{аб}	248±22 ^{абв}
Мочевая кислота, мкмоль/л	333±17	280±11 ^а	136±36 ^{аб}	232±23 ^{аб}
Мочевина, мг/дл	17,2±1,6	14,4±1,9	15,3±0,9	16,1±1,6

Содержание триглицеридов и холестерина в крови кросса достоверно выше, чем у родительских форм, что свидетельствует об интенсивном липидном обмене особой кросса. Рыбы (исходные линии и кросс) в рыбхозе «Ергенинский» находились только на естественной кормовой базе в условиях неполного голодания. Однако адаптационные способности кросса оказались выше, чем у исходных линий, что указывает на положительный эффект гетерозиса у кросса «Ергенинский».

Кросс «Зеркальный», как и одна из родительских линий (Волжские рамчатые карпы), практически в два раза превосходил по массе вторую исходную форму – Молдавских зеркальных Ергенинских карпов, различия достоверны (табл. 3). Однако по темпу роста рыбы обеих групп кросса «Зеркальный» и исходной формы Волжских рамчатых отставали от Молдавских зеркальных Ергенинских рыб.

Таблица 3

Гематологическая характеристика двухлеток кроссов

Показатели	Молдавские зеркальные Ергенинские	Волжские рамчатые	Кросс «Зеркальный»	
			Зеркальные	Рамчатые
	а	б	в	г
Масса тела, кг	0,91±0,05	1,58±0,02 ^а	1,55±0,11 ^а	1,62±0,08 ^а
Относительная скорость роста, %	1514	817	878	973
Эритропоз, %				
Гемоцитобласты, эритробласты	0,4±0,1	0,6±0,2	0,6±0,3	0,8±0,6
Нормобласты	2,7±0,5	3,9±0,5	2,8±0,6	2,4±0,5
Базофильные эритроциты	12,2±1,9	8,9±1,2	13,4±2,7	11,2±3,3
Зрелые эритроциты	84,7±2,5	86,6±1,3	83,2±3,1	85,6±3,4
Лейкоцитарная формула, %				
Промиелоциты	-	-	-	-
Миелоциты	0,5±0,4	0,3±0,2	0,2±0,2	1,4±0,5 ^в
Метамиелоциты	2,7±0,9	2,1±0,4	2,6±0,3	3,4±1,2
Палочкоядерные нейтрофилы	3,5±1,1	1,6±0,3	2,6±0,4	2,4±1,1
Сегментоядерные	1,7±0,7	3,0±0,6	0,4±0,3 ^б	1,4±0,5
Всего нейтрофилов	5,2±1,4	4,6±0,6	3,0±0,3	3,8±1,0
Эозинофилы	0,2±0,2	-	0,2±0,2	0,2±0,2
Базофилы	-	0,4±0,2	0,2±0,2	0,2±0,2
Моноциты	4,5±0,5	3,9±0,5	2,8±0,5 ^а	2,3±0,5 ^{аб}
Лимфоциты	86,9±1,4	88,9±1,1	91,0±0,5 ^а	88,7±3,2
Лизосомально-катионный тест				
СЦК, ед.	2,29±0,05	2,12±0,06	2,01±0,09 ^а	1,77±0,07 ^{аб}

Интенсивность лейкопоза выше у рамчатой линии зеркального кросса, чем у зеркальной группы кросса судя по доле миелоцитов в лейкограмме. Такое усиление иммунной защиты рамчатых карпов с учетом оптимального содержания зрелых форм сегментоядерных нейтрофилов – хороший признак для подготовки к зимовке. Доля моноцитов у кросса ниже, чем у родительских форм, что свидетельствует об их расходовании при фагоцитозе перед зимовкой. В пользу кросса свидетельствует и расходование лизосомального катионного белка нейтрофилов в процессе фагоцитоза. Таким образом, у кросса интенсивнее идет фагоцитоз макрофагами – моноцитами и микрофагами – нейтрофилами.

По биохимическим параметрам (табл. 4) отличия кросса от родительских форм отмечены по высокому уровню ферментов: АСТ (белковый обмен) и лактата (углеводный обмен).

Таблица 4

Биохимическая характеристика двухлеток кросса «Зеркальный» и исходных форм

Показатели	Молдавские зеркальные Ергенинские	Волжские рамчатые	Кросс «Зеркальный»	
			Зеркальные	Рамчатые
	а	б	в	г
АЛТ, ед/л	32,3±3,1	26,4±2,2	33,2±3,2	34,3±5,3
АСТ, ед/л	139±9	132±3	209±24 ^{аб}	180±15 ^{аб}
Глюкоза, ммоль/л	7,6±1,2	4,1±0,4	3,8±0,6	3,4±0,5
КК, ед/л	4586±376	2822±456 ^а	2927±549 ^а	3146±382 ^а
Лактатат, мг/дл	32±6	51±10	101±4 ^{аб}	93±6 ^{аб}
ЩФ, ед/л	15±3	90±9,5	27±8	58±26
Общий белок, г/л	17,4±1,2	20,7±0,3	19,4±0,9	18,1±1,1
Альбумин, г/дл	8,2±0,7	9,9±0,3	8,9±0,1	8,6±0,4
Триглицериды, мг/дл	40±6	131±11 ^а	115±13 ^а	94±8 ^{аб}
Холестерин, мг/дл	85±6	68±3 ^а	99±7 ^б	84±2 ^б
Мочевая кислота, мкмоль/л	280±11	227±19 ^а	58±28 ^{аб}	40±28 ^{аб}
Мочевина, мг/дл	14,4±1,9	7,2±0,9 ^а	18,1±1,3 ^б	18,2±1,9 ^б

Об интенсивном нуклеиновом обмене кросса свидетельствует низкое содержание мочевой кислоты – конечный продукт обмена пуринов.

Двухлетки кросса «Волжский» по массе тела почти в два раза превышали одновозрастные исходные формы (табл. 5).

По показателям эритропоза достоверных отличий кросса «Волжский» от исходных форм не отмечено.

Морфометрическая и гематологическая характеристика двухлеток кроссбредных карпов и рыб исходных групп

Показатели	Южный зональный тип чувашского чешуйчатого карпа	Волжский рамчатый	Кросс «Волжский»
	а	б	в
Масса тела, кг	1,7±0,3	1,6±0,2	2,9±0,3 ^{аб}
Эритропоз, %			
Гемоцитобласты, эритробласты	1,1±0,2	0,6±0,2	0,8±0,3
Нормобласты	3,7±0,5	3,9±0,5	4,8±0,4
Базофильные эритроциты	10,6±1,2	8,9±1,2	9,5±2,1
Зрелые эритроциты	84,6±1,6	86,6±1,3	84,9±1,9
Лейкоцитарная формула, %			
Миелоциты	0,3±0,2	0,3±0,2	1,4±0,4 ^{аб}
Метамиелоциты	1,7±0,4	2,0±0,4	3,6±0,5 ^{аб}
Палочкоядерные нейтрофилы	3,0±0,7	1,6±0,3	0,4±0,3 ^{аб}
Сегментоядерные	2,5±0,7	3,0±0,6	3,7±0,8
Всего нейтрофилов	5,5±0,7	4,6±0,6	4,1±0,9
Эозинофилы	0,1±0,1	-	0,2±0,2
Базофилы	0,3±0,2	0,4±0,2	0,3±0,2
Моноциты	3,4±0,5	3,8±0,5	4,8±0,6
Лимфоциты	88,7±0,8	88,9±1,1	85,5±0,9 ^{аб}
Лизосомально-катионный тест			
СЦК, ед.	1,89±0,07	2,12±0,05	1,56±0,08 ^{аб}

У кросса интенсивнее, чем у родителей, идет лейкопоз судя по доле в лейкограмме бластных форм клеток миелоидного ряда: миелоцитов и метамиелоцитов. Процент лимфоцитов у кросса меньше, чем у исходных форм.

Потенциальная фагоцитарная активность по содержанию катионного белка в лизосомах нейтрофилов периферической крови кросса ниже, чем исходных групп, что свидетельствует о его расходовании в процессе иммунной защиты.

У кросса «Волжский» отмечен высокий уровень АЛТ, общего белка и альбуминов по сравнению с родительскими формами, свидетельствующий об интенсивном белковом росте и значительном потенциале продуктивного роста, обусловленного эффектом гетерозиса (табл. 6). При этом уровень АСТ ниже, чем у родительских форм, соответственно меньше коэффициент де Ритиса: АСТ/АЛТ – оптимальное соотношение, свидетельствующее об отсутствии нарушений в сердечной мышце.

Таблица 6

Биохимическая характеристика двухлеток кросса «Волжский» и исходных форм

Показатели	Южный зональный тип чувашского чешуйчатого	Волжский рамчатый	Кросс «Волжский»
	а	б	в
АЛТ, ед/л	33,2±5,3	25,9±2,2	52,9±3,7 ^{аб}
АСТ, ед/л	98,3±6,7	132,4±2,9	63,1±9,6 ^{аб}
Глюкоза, ммоль/л	5,8±0,8	4,1±0,4	3,4±0,7 ^а
КК, ед/л	2398±541	2822±456	834±391 ^{аб}
Лактатат, мг/дл	42,0±12,9	51,1±9,8	37,4±7,3 ^{аб}
ЩФ, ед/л	55,4±7,3	89,6±9,5 ^а	51,3±8,4 ^б
Общий белок, г/л	20,3±0,8	20,7±0,3	23,4±0,5 ^{аб}
Альбумин, г/дл	9,3±0,4	9,9±0,3	14,9±0,4 ^{аб}
Триглицериды, мг/дл	145±13	131±11	156±12
Холестерин, мг/дл	94±7	68±3	142±6 ^{аб}
Мочевая кислота, мкмоль/л	244±17	227±19	58±7 ^{аб}
Мочевина, мг/дл	4,8±1,2	6,9±0,9	7,3±1,1

Активность креатинкиназы кросса более чем в два раза снижена по сравнению с исходными линиями. Этот фермент участвует в процессах энергетического обмена, преимущественно в клетках мышечной и нервной ткани. Креатинкиназа обеспечивает энергией мышечные сокращения. Такое снижение активности фермента связано, вероятно, с меньшей подвижностью кросса, получающего достаточное количество корма.

Невысокое содержание лактата у кросса (ниже, чем у родительских форм) свидетельствует об отсутствии у него кислородной задолженности тканей.

Уровень холестерина крови кросса выше, чем у исходных форм, как отражение интенсивного липидного обмена.

Содержание мочевой кислоты примерно в 5 раз ниже у кросса по сравнению с родительским, соответственно у кросса в меньшей степени разрушаются нуклеиновые кислоты.

Выводы

Таким образом, исследуемые комбинации скрещивания дали гетерозисный эффект, который проявился по-разному в зависимости от плотности посадки и уровня кормления. Показатели роста и обмена веществ изучаемых кроссов и их исходных форм свидетельствуют о значительном потенциале роста, метаболизма и клеточного иммунитета.

Кросс «Ергенинский» по относительной скорости роста кросс почти в два раза превосходил лучшую по данному признаку родительскую линию – Чешуйчатую местную; истинный гетерозис составил 85–89%. У кросса по сравнению с исходными формами – большая доля зрелых сегментоядерных нейтрофилов в лейкограмме, что свидетельствует о значительной фагоцитарной активности этих микрофагов.

Кросс «Зеркальный» по массе тела значительно превосходил родительскую форму – Молдавскую зеркальную. У кросса отмечен интенсивный фагоцитоз судя по меньшей доле моноцитов и нейтрофилов в лейкограмме, расходуемых в процессе иммунной защиты и меньшем количестве лизосомального катионного белка в нейтрофилах крови кросса «Зеркальный» по сравнению с исходными формами. У кросса по сравнению с родительскими формами интенсивнее белковый обмен судя по высокому содержанию общего белка и альбуминов, активности АЛТ, липидный обмен – судя по содержанию холестерина. Активность креатинкиназы кросса «Волжский» в 2–3 раза снижена по сравнению с исходными группами. Кросс «Волжский» отличается высоким уровнем липидного обмена судя по содержанию холестерина, что связано, вероятно, с накоплением жира (энергетическое депо).

Библиографический список

1. Андрияшева М.А. Проявление гетерозиса у рыб и его использование в рыбоводстве // Известия ГосНИОРХ. – 1971. – Т. 75. – С. 100–113.
2. Богерук А.К. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность / А.К. Богерук, Ю.И. Илясов, Н.И. Маслова. – М.: Информационный пакет: Прудовое и озерное рыбоводство, 1997. – Вып. 4. – С. 43–55.
3. Власов В.А. Гетерозис в рыбоводстве / В.А. Власов, Н.И. Маслова // Известия ТСХА. – 2015. – Вып. 4. – С. 82–94.
4. Катасонов В.Я. Селекция и племенное дело в рыбоводстве / В.Я. Катасонов, Н.Б. Черфас. – М.: Агропромиздат, 1986. – 181 с.
5. Крюков В.И. Рыбоводство. Селекция карпа / В.И. Крюков, Ю.А. Музалевская, П.А. Юшков. – Орел: А. Воробьева, 2007. – 54 с.
6. Морузи И.В. Генетическая характеристика алтайского зеркального карпа по некоторым полиморфным системам / И.В. Морузи, Е.В. Пищенко, И.В. Пак. – Информационный листок. – № 453–95. – Новосибирск: ЦНТИ, 1995. – 3 с.
7. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
8. Gixhari B. 2010. Nature of inheritance and heterosis estimated on some morphological quantitative characters that influence the tobacco yield / B. Gixhari, H. Sulovari // Studii și Cercetări. – Vol. 18: 46–50.
9. Pronina G.I. Physiological and immunological features of males and females of the immunologically resistant carp breed (*Cyprinus carpio* L.) // AACL Bioflux, 2017. – Vol. 10. – Issue 2: 335–340. – URL: <http://www.bioflux.com.ro/aac1>.

COMBINATION ABILITY OF SELECTIVE CARP GROUPS DURING TWO-LINE BREEDING

G.I. PRONINA^{1,2}, A.G. MANNAPOV¹

(¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;
² Research Institute of Integrated Fish Farming – Branch of All-Russian Research Institute
for Animal Husbandry)

This paper presents the results of studying the productive and physiological properties of carp crosses – interline or interbreed hybrids of the first generation. The resulting crosses have a high potential for growth, metabolism, and non-specific cellular immunity. It was found that the studied cross-breeding combinations produced a heterotic effect, which was manifested in different ways depending on the climate zone, planting density, and feeding. In the “Ergeninsky” cross, obtained from crossing the local scaly and Moldavian mirror lines, the true heterosis in relative growth rate amounted to 85–89%. As compared with the parent forms, it has a higher immune defense against pathogens, judging by the large proportion of Mature segmentonuclear neutrophils. The “Mirror” cross is the result of crossing males of the Moldavian mirror line and females of the Volga frame carp that has a scattered scale cover –100%, body weight significantly exceeds the Moldavian mirror parent form. The cross has a smaller proportion of monocytes and neutrophils in the leukogram, and the content of lysosomal cationic protein in the latter is lower, which suggests that these phagocytes are consumed in the process of immune defense. As compared with the parent forms, the cross has more intensive protein metabolism, which can be proved by the high content of total protein and albumins, ALT activity. The lipid metabolism can be determined by the content of cholesterol. The activity of creatine kinase in the “Volzhsky” cross is 2–3 times lower as compared to the initial groups. The “Volga” cross is a reciprocal interbreed hybrid of the Southern zonal type of the Chuvash scaly carp and the Volga frame carp that has a high level of lipid metabolism.

Key words: fish cross, heterosis, hematological parameters, biochemical analysis, lysosomal cationic test.

References

1. *Andriyashева M.A.* Proyavlenie geterozisa u ryb i ego ispol'zovanie v rybovodstve [Manifestation of heterosis in fish and its use in fish farming] // *Izv. GosNIORKH.* 1971; 75: 100–113. (In Rus.)
2. *Bogeruk A.K., Ilyasov Yu.I., Maslova N.I.* Metodika provedeniya ispytaniy na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost' [Test procedure for distinctness, uniformity and stability]. M.: Informatsionnyy paket: Prudovoe i ozernoe rybovodstvo, 1997; 4: 43–55. (In Rus.)
3. *Vlasov V.A., Maslova N.I.* Geterozis v rybovodstve [Heterosis in fish farming] // *Izvestiya TSKHA,* 2015; 4: 82–94. (In Rus.)
4. *Katasonov V.Ya., Cherfas N.B.* Seleksiya i plemennoe delo v rybovodstve [Selection and breeding in fish farming]. M.: Agropromizdat, 1986: 181. (In Rus.)
5. *Kryukov V.I., Muzalevskaya Yu.A., Yushkov P.A.* Rybovodstvo. Seleksiya karp [Fish farming. Carp breeding] – Orel: A. Vorob'yova, 2007: 54. (In Rus.)
6. *Moruzi I.V., Pishchenko E.V., Pak I.V.* Geneticheskaya kharakteristika altayskogo zerkal'nogo karpa po nekotorym polimorfnyim sistemam [Genetic characteristics of Altai mirror carp for some polymorphic systems]: *Inform. listok* No. 453–95 // TSNTI, Novosibirsk, 1995: 3. (In Rus.)

7. *Pravdin I.F.* Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh) [Guide to the study of fish (freshwater). M.: Pishchevaya promyshlennost', 1966: 376. (In Rus.)

10. *Gixhari B., Sulovari H.* Nature of inheritance and heterosis estimated on some morphological quantitative characters that influence the tobacco yield // *Studii și Cercetări*, 2010; 18: 46–50.

11. *Pronina G.I.* Physiological and immunological features of males and females of the immunologically resistant carp breed (*Cyprinus carpio* L.) // *AAFL Bioflux*, 2017; 10; 2: 335–340. <http://www.bioflux.com.ro/aac1>

Пронина Галина Иозеповна, профессор ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49. Зав. лабораторией ФГБНУ ВНИИР (142460, Московская область, Ногинский р-он, пос. Воровского, ул. Сергеева, 24. Доктор биологических наук, e-mail: gidrobiont4@yandex.ru).

Маннапов Альфир Габдулович, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49. Доктор биологических наук, профессор. e-mail: 54alfir@mail.ru).

Galina I. Pronina Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str. 49); Head of the Laboratory of FGBNU VNIIR (142460, Moscow region, Noginsk district, Vorovskogo settlement, 24 Sergeeva Str. DSc (Bio), e-mail: gidrobiont4@yandex.ru).

Alfir G. Mannapov, Head of the Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str. 49. DSc (Bio), Professor. e-mail: 54alfir@mail.ru).