

УДК 639.31.04

ГЕТЕРОЗИС В РЫБОВОДСТВЕ

В.А. ВЛАСОВ¹, Н.И. МАСЛОВА²

(¹ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; ² ВНИИ ирригационного рыбоводства)

Дана рыбоводная, морфологическая и физиолого-биохимическая оценка кросса, полученного от скрещивания производителей анишской зеркальной и чувашской чешуйчатой пород карпа в условиях рыбхозов «Карамышевский» и «Кирия». Установлено, что кросс, в особенности в первом поколении, по некоторым признакам и свойствам превосходит родительские формы, т.е. отмечен эффект гетерозиса по интенсивности роста и выживаемости молоди в прудах. Данные морфологических и физиолого-биохимических исследований свидетельствуют о том, что кросс представляет собой генотип с новыми биохимическими свойствами. Выявлена высокая комбинационная способность между производителями анишской и чувашской пород карпа.

Ключевые слова: карп, порода, гибриды, кросс, скрещивание, эффект гетерозиса, рост, сеголетки, двухлетки, индексы телосложения, гематологические и биохимические показатели.

Переход к рыночной экономике требует принципиальной оценки общепринятых рыбоводных норм и технологий производства рыбы, которые зависят от стоимости и качества рыбопосадочного материала. Снижение затрат при выращивании товарной рыбы обеспечивает промышленное скрещивание, при котором увеличивается скорость роста гибридов и снижаются затраты корма за счет проявления эффекта гетерозиса. Для рыбоводных хозяйств, занимающихся воспроизводством, считалось обязательным иметь в наличии минимум две линии или отводки или две неродственные группы (породы).

В понятие разведения по линиям входят и межлинейные кроссы наиболее удачно сочетающихся линий. При разведении по линиям создаются большие возможности для однородного и разнородного подбора, использования преимуществ метода скрещивания, а в целом — для прогресса породы. При широком использовании кросса хорошо сочетающихся линий необходимо поддерживать и совершенствовать основные линии, чтобы по исчерпанию для создания кроссов лучших линейных животных не остаться без линий [5].

Предполагается, что подбор самок и самцов различного происхождения для скрещивания позволит избежать отрицательного действия инбредной депрессии и получить гетерозисный эффект. Известно, что при любом межпородном или меж-

линейном скрещивании образуется фактически новый генотип, включающий в себя некоторые особенности родителей. Качество нового генотипа будет определяться качеством исходных генотипов во взаимодействии между собой. Решающее влияние на величину эффекта гетерозиса оказывает генетический потенциал животного. Помеси могут превосходить исходные породы по тем или иным продуктивным признакам, занимать промежуточное положение между ними или быть хуже родителей (или одного из них).

Поскольку помеси имеют особый генотип, зачастую превосходящий по потенциалу продуктивности наследственную основу исходных пород, естественно, условия кормления будут действовать на помесных животных сильнее, чем на чистопородных. В связи с этим следует помнить, что при низком уровне кормления помеси, имеющие более интенсивный обмен, страдают сильнее чистопородного молодняка, и поэтому скрещивание в таких условиях не дает должного эффекта [3, 4]. Известно, что гетерозис представляет собой сложное биологическое явление, в котором решающее значение имеют четыре группы факторов: прямое действие генов (уровень продуктивности исходных пород), дополняющее действие генетических факторов (гетерогенность генотипа), материнский (реципрокный) эффект и условия жизни потомков и родителей.

Усиленное воспроизведение генетического материала у помесей и высокое абсолютное содержание его в расчете на биологическую единицу (орган, растение), по мнению исследователей [16], является одной из причин гетерозиса. Это подтверждается данными о повышенном содержании нуклеиновых кислот в клетках гетерозисных растений, об ускорении накопления в них РНК. Увеличение содержания ДНК в клетке гибрида связывают со степенью гетерозиса. Поскольку гетерозис обычно не сопровождается появлением нового качества и проявляется в изменении интенсивности развития имевшихся у родителей признаков, то, очевидно, в его основе лежит активация гена (или комплекса генов), что связано с механизмом генетической регуляции развития признаков в онтогенезе. Согласно этому такая активация должна приводить к увеличению активности ферментов, которые являются непосредственными продуктами деятельности гена.

Одной из характерных особенностей гетерозисных гибридов является способность их к усиленному росту, что обусловлено, по-видимому, повышенной митотической активностью [10]. Подобная активность сопряжена с активацией транскрибирующей и репликативной функций ДНК, с усилением синтеза рибосомальной и информационной РНК [8]. Предполагается, что одной из причин гетерозисного эффекта может быть сбалансированность синтеза разных фракций РНК и особенно и-РНК [9].

Х.М. Даскалов [7] в своих исследованиях доказал, что при гетерозисе активизируются физиологические процессы в сложной белковой системе ядра и цитоплазмы. В результате этого активизируются ферментные системы, ускоряются процессы обмена и повышается жизнеспособность гибридов.

Общеизвестно, что каждый вид растений и животных имеет огромные резервы генетической изменчивости, в результате чего создается широкий диапазон адаптационной способности вида к самым разнообразным условиям внешней среды, обеспечивающий его сохранение. Наши исследования [3, 4, 11] и данные В.Г. Томиленко [15], А.А. Алексеенко [1] показали, что межпородные помеси карпов превосходят по массе родительские формы. Продолжительность жизни помесного потомства карпов при пороговом содержании кислорода в воде значительно

превосходила особей чистых линий (49–51 мин. против 36–37 мин. у потомков чистых линий).

В сообщениях некоторых авторов [17] имеются сведения о том, что гетерозис по одному гену наблюдается очень редко. В проявлении гетерозиса основное значение имеет не моногенный эффект, а гетерозиготность по многим локусам, дающая особям большее преимущество.

Итак, при прогнозировании эффекта гетерозиса, а также при создании специализированных линий животных, сочетающихся на аддитивный или гетерозисный эффект, большое значение приобретает количественная оценка комбинационной способности с тем, чтобы возвести это свойство в разряд селекционируемых признаков.

В промышленных хозяйствах для получения гетерозисного эффекта используют подбор самок и самцов различного происхождения для последующего скрещивания, что позволяет как избежать отрицательного действия инбредной депрессии, так и рассчитывать на эффект гетерозиса.

Следует подчеркнуть, что степень проявления гетерозиса очень сильно зависит от уровня и полноценности питания как производителей, так и молодняка во все периоды его роста, поскольку гетерозис проявляется лишь в оптимальных условиях питания потомства. В противном случае он слабо проявляется или отсутствует. Использование для промышленного скрещивания помесных, генетически не выровненных производителей неизвестного происхождения, не дает «гарантированного» гетерозиса в потомстве [3].

Таким образом, кросс — совокупность селекционных линий, сочетающихся между собой или аддитивный или гетерозисный эффект. Кроссы создаются, как правило, в высокопродуктивных породах, являются частью породы и предназначаются также для производства товарных гибридов. Кроссы могут быть созданы также на межпородной (синтетической) основе. В промышленном рыбоводстве используются внутривидовые кроссы, позволяющие использовать гетерозисный эффект.

Методы исследований

Исследования проведены в производственных условиях при неоднократном изменении нормативной базы в технологических процессах. Изучаемый кросс «Петровский» создан на основе скрещивания анишской зеркальной и чувашской чешуйчатой пород карпа в условиях рыбоводных хозяйств Республики Чувашия (рыбхозы «Карамышевский» и «Кирия»). Используемые породы, начиная с поколения F_0 , испытывали на сочетаемость и получение гетерозисного эффекта.

Методы и результаты оценки пород карпа, используемых для создания кросса, подробно изложены в статье Н.И. Масловой и А.Б. Петрушина [12]. Кросс оценивали по комплексу признаков (рыбоводных, морфологических, физиологических) на протяжении четырех поколений.

Сравнительная морфометрическая характеристика по размерно-весовым, экстерьерным и интерьерным признакам родительских форм и кросса 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 недоста-

точном кормлении рыб. Отчасти это позволило судить об адаптационных возможностях кросса, а также об изменениях их морфометрических и морфофизиологических параметров.

Эффект гетерозиса при скрещивании пород определяли по формуле [6]:

$$И = (Пг/Пл \times 100) - 100,$$

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 [14]; физиологическую характеристику карпа (эритропоз и лейкоцитарная формула крови) — по общепринятой в физиологии рыб методике. Подсчет лейкоцитарной формулы проводили в окрашенных мазках периферической крови. Биохимические исследования крови рыб проводили с использованием биохимического автоматического анализатора EXPRESS PLUS (CHIRON DIAGNOSTICS) производства США. Биометрическая обработка цифрового материала проведена по методике П.А. Плохинского [13].

Результаты и их обсуждение

Созданный на основе скрещивания самок анишской зеркальной и самцов чувашской чешуйчатой пород карпа кросс «Петровский» показывает, что эффект гетерозиса у потомства сохраняется по всем периодам роста. Однако происходит его снижение по поколениям селекции, что объясняется общепринятой закономерностью — повышение статуса продуктивности используемых при скрещивании пород обуславливает уменьшение эффекта гетерозиса. Это наблюдается по рыбоводнохозяйственным показателям: выходу мальков карпа в расчете от одной самки, росту сеголетков в выростных прудах и выживаемости за летний период.

Эффект гетерозиса в большей степени выражен по показателю выживаемости мальков в прудах при подращивании. Абсолютный гетерозисный эффект по этому показателю в поколениях F_1 – F_3 составил в пределах 5,7–8,3%.

При оценке кросса по показателям зимостойкости, скорости роста двухлетков и суммарной рыбопродуктивности нагульных прудов выявлен также положительный гетерозисный и аддитивный эффект, в особенности в поколении F_3 (табл. 1, 2). По зимостойкости он составил 6,9%, по росту двухлетков 20,8%, рыбопродуктивности — 17%.

В сложных экономических условиях для отрасли прудового рыбоводства в экспериментальных хозяйствах удалось получить высокие показатели по производству рыбной товарной продукции в расчете от одной самки карпа. Они в 1,5–2 раза выше, чем результаты по декларируемой норме, т.е. 124 ц двухлетков карпа вырастили из молоди, полученной от одной самки карпа. Наряду с этим выращивание кросса позволило увеличить сохранность годовиков карпа после зимовки в прудах — с 71,3 до 85,3%, а двухлетков после выращивания в нагульных прудах с 70,5 до 87,1%. Указанные результаты обусловлены высокой жизнеспособностью кроссированного потомства, полученного от скрещивания самок анишской зеркальной породы с чувашскими чешуйчатыми самцами карпа.

Сравнительная оценка исходных пород карпа и кросса дает представление о влиянии скрещивания на процесс обмена веществ и цветворения (табл. 3). Био-

Преимущество сеголетков кросса «Петровский» по сравнению с чистопородными особями (средние данные по двум хозяйствам)

Поколение	Масса сеголетков, г				Выживаемость сеголетков, %			
	зер.	чеш.	кросс	Г. Э., %	зер.	чеш.	кросс	Г.Э., %
F ₀	44,8	42,3	66,0	47,3	56	60	70,2	17,0
F ₁	66,4	70,2	71,2	1,4	76	78	85,0	8,9
F ₂	80,1	85	93,0	9,4	83,3	85,0	87,0	2,3
F ₃	85	90	90,0	—	80,0	81,0	85,0	4,9

Примечание. В таблицах 1 и 2 чеш. — чешуйчатая чувашская порода; зер. — зеркальная анишская порода; кросс — мелородные помеси; Г.Э. — абсолютный (истинный) гетерозисный эффект.

Преимущество двухлетков кросса «Петровский» по сравнению с чистопородными особями (средние данные по двум хозяйствам)

Поколение	Масса двухлетков, г				Рыбопродуктивность, кг/га			
	зер.	чеш.	кросс	Г.Э., %	зер.	чеш.	кросс	Г.Э., %
F ₀	370	380	—	—	63	6,5	—	—
F ₁	400	404	460	13,9	15	16,0	17,0	6,2
F ₂	315	323	370	14,6	18,2	20,3	21,4	5,4
F ₃	284	298	360	20,8	18,3	17,0	19,9	17,0

химический анализ показателей у карпов кросса в сравнении с родительскими формами показывает, что более интенсивный рост у кросса происходит за счет повышения активности ферментов и других показателей углеводного и энергетического обмена.

Установлено, что у кроссированных годовиков в процессе роста активизируются (идет увеличение) ферменты: щелочная фосфатаза (ЩФ), лактатдегидрогиназа (ЛДГ), панкреатическая амилаза (ПА), гаммаглутаминовая транспептидаза (ГТТ), мочевиная кислота. Однако отмечается уменьшение показателей альбумина, амилазы, аспаратаминотрансферазы (АСТ), креатинкиназы (КК), глюкозы, холестерина, триглицеридов и креатинина.

Средние показатели отмечены по белку, ферменту аланинаминотрансферазе (АЛТ) и конечному продукту обмена белков — мочеvine.

В весенний период у особей кросса значительно снизилось количество альбумина (у зеркальных карпов на 46,4%, у чешуйчатых — на 41,5%). Это, по-видимому, связано с высоким уровнем его использования на пластический обмен в период весенней перестройки к интенсивному росту при повышении температуры воды.

**Биохимические показатели чистопородных годовиков карпа
и кросса «Петровский»**

Показатели	Ед. измер.	Чистопородные формы		Кросс	
		анишские зерк.	чувашские чеш.	средние значения	min-max
Белок	г/л	27,4	23,5	26,7	22,4–36,3
Альбумин	г/дл	14,1	11,7	9,3	8,0–11,5
Альбумин/белок	%	51,4	49,7	35,1	31,7–39,7
АЛТ	ед./л	45,2	42,7	44,0	26,7–57,6
АСТ	ед.	248,3	287,1	141,5	82,8–176,5
АСТ/АЛТ	/л	5,5	6,72	3,52	1,43–5,76
ЩФ	ед/л	30,2	32,0	121,6	32–291
КК	моль/л	4868	4542	2443	300–4076
ГГТ	моль/л	12,0	18,7	31,4	20,9–42,1
Белок/ЩФ		0,86	0,77	0,36	0,12–0,73
Белок/мочевина		2,7	4,2	2,7	1,6–3,7
Глюкоза	ммоль/л	4,7	4,1	3,52	2,3–5,7
Лактат	мг/дл	40	47,9	52,8	34,5–67,7
ЛДГ	ед/л	981	839	1436	513–2551
ЛДГ/лактат		21,9	12,4	30,4	9,1–74,0
Лактат/глюкоза		8,5	11,6	15,7	11,9–21,3
Глюкоза/лактат		0,12	0,08	0,06	0,05–0,08
Амилаза	ед/л	13,4	24,7	11,4	0,4–32
Панкр. амилаза	ед/л	17,8	9,4	30,3	3,1–70,5
Панкр. амилаза/глюкоза		3,8	2,3	6,7	0,17–20,7
Холестерин	мг/дл	163	148	138	100–176
Триглицериды	мг/дл	162	134	45	31–60
Триглицер./холестерин		0,99	0,91	0,36	0,18–0,60
Креатинин	ммоль/л	17,4	14,3	5,8	0–20,7
Мочевая к-та	ммоль/л	1,9	2,5	211	106–276
Мочевина	мг/дл	10,3	5,6	10,5	7,9–13,8
Мочевая к-та/мочевина		0,18	0,44	19,9	12–27,9

Увеличение показателей ЛДГ, лактаты и мочевой кислоты является следствием высокого уровня процессов гликогенеза (распада гликогена в печени и поступления в кровь для переноса в требуемые клеточные структуры).

Увеличение мочевой кислоты в этот период обусловлено повышенным распадом пуринов (аденин, гуанин, минорные пуриновые основания). Известно, что пурины входят в состав нуклеотидов — структурных компонентов нуклеиновых кислот, причем пурины в РНК содержатся в больших количествах, чем в ДНК.

Известно, что пуриновые и пиримидиновые основания осуществляют кодирование генетической информации и ее реализацию в процессе биосинтеза белка.

Наряду с этим они играют важную роль в биоэнергетике клетки (АТФ) и механизме гормональной регуляции (цАМФ и цГМФ).

Предельно высокое увеличение мочевой кислоты весной у кроссированных годовиков карпа свидетельствует об активации нуклеиновых кислот, их распаде и синтезе через РНК, а также использовании пуриновых оснований в образовании биоэнергетических АТФ для интенсификации процессов пластического обмена у рыб. Об этом свидетельствует также увеличение деятельности печеночных ферментов — ГГТ и панкреатической амилазы. При повышении температуры воды у рыб, по-видимому, срабатывают биологические часы. Одновременно с этим идет снижение ферментов креатинкиназы (КК) и аспартатаминовой трансферазы (АСТ). Оба эти ферменты интенсивно используются в процессах фосфорилирования КК и переаминирования до глютаминной аминокислоты. Уменьшение же глюкозы, триглицеридов, и холестерина обусловлено прямым использованием их в энергетике организма, активизированного к интенсивному росту при повышении температуры воды.

Сильное снижение уровня креатинкиназы и креатинина в сыворотке крови обусловлено высоким их расходом на обменные процессы, а у 60% обследованных особей креатинин вообще отсутствовал.

Уровень фермента амилазы у кросса был также низким, особенно у чешуйчатых особей (0,4–12 ед/л). Очевидно, это связано с отсутствием ее потребности организмом в этот период, поскольку углеводы, содержащиеся в комбикормах, в организм рыб еще не поступают.

Итак, если основываться на показателях обмена веществ, кроссы имеют существенные различия по сравнению с чистопородными особями как по системам адаптации, так и по их реакции на новые, меняющиеся факторы среды (весеннее повышение температуры). Циклические нуклеотиды, триглицериды, глюконеогенез и нуклеиновые кислоты (в т.ч. РНК) являются основным звеном в характеристике обмена веществ нового генотипа, что в совокупности дает основание считать проявление гетерозиса за счет обогащения (усиления) биохимических процессов в клетках и тканях организма.

Сравнительный анализ биохимических показателей сыворотки крови в осенний период (переход к зимовке) выявил ранее установленные различия между зеркальными и чешуйчатыми кроссами (табл. 4).

При оценке изменений биохимических показателей сыворотки крови в сравнении с родительскими формами установлено: у чешуйчатой группы карпов близкие значения составили 18,7%, превышающие — 50% и более низкие — 31,3%, у зеркальных — соответственно 18,7%, 25%, 56,3%.

Таким образом, в предзимний период различия между чешуйчатыми и зеркальными кроссами резко возросли. У зеркальной группы, как и у чешуйчатой, уровень общего белка и альбуминов остается мало измененным, а многие другие показатели оказываются значительно пониженными или повышенными в сравнении с родительскими формами.

В конце лета установлено, что у зеркальных карпов уровень амилазы и панкреатической амилазы значительно уменьшился, а гаммаглутаминовая транспептидаза (ГГТ) заняла промежуточное значение.

По другим показателям отмечена зависимость от сезона года: активация процессов весной и их торможение осенью. Кроме того имеются различия в зависимости от гена чешуи.

**Биохимические показатели товарного карпа чистопородных форм
и кросса «Петровский»**

Показатели	Чешуйчатые			Зеркальные		
	2-летки кросс	3-летки кросс	чистопо- родные (3-летки)	2-летки кросс	3-летки кросс	чистопо- родные (3-летки)
Общий белок, г/л	16,9	16,1	23,5	16,8	15,7	21,5
Альбумин, г/дл	7,9	8,2	8,2	7,5	7,6	7,7
% от белка	5,7	41,2	34,8	44,6	47,2	35,8
АЛТ, ед/л	23,8	25,9	30,3	21,4	22,2	26,4
АСТ, ед/л	98,6	165	305,8	153,3	173,6	168
АСТ/АЛТ	4,1	6,6	19,1	7,2	8,3	6,4
ЩФ, ед/л	28,5	41,2	15,1	18,5	67	21,0
КК, ед/л	5166	2109	4284	4445	3322	4455
ГГТ	4,4	7,1	9,3	12,1	2,0	5,8
Креатинин, моль/л	9	0,5	4,1	9	5	4,71
Глюкоза, моль/л	2,7	2,3	13,5	3,9	2,8	2,2
Лактат, мг/дл	46,6	50,2	32,6	69,9	36,8	18,9
Амилаза, ед/л	18,9	8,7	17,9	15,6	30,8	15,2
Панкреат. амилаза, ед/л	9,9	9,5	17,3	18,2	30,4	16,0
Холестерин, мг/дл	82,2	79,6	102,9	93,5	82,4	94,4
Триглицериды, мг/л	89,5	85	298,6	79	71,7	105
Мочевая кислота, моль/л	2,2	2,2	41,0	3,7	2,2	1,7
Мочевина, мг/л	9,9	4,3	5,9	8,7	6,2	2,92

Для зеркальных характерно увеличение щелочной фосфатазы в 4,1 раза, (ГГТ) — в 2,6 раза, глюкозы — в 1,4 раза, лактата — в 1,5 раза, панкреатической амилазы — в 1,8 раза. У чешуйчатых карпов остается увеличенной креатинкиназа и амилаза.

На 3-м году жизни у зеркальных карпов показатели (в сравнении с чешуйчатыми) щелочной фосфатазы, креатинкиназы, амилазы и панкреатической амилазы более высокие. У чешуйчатых карпов отмечены повышенные значения ГГТ, лактата.

Приведенные показатели отражают изменения в обмене веществ на 3-м году жизни. Например, у двухлетков ЩФ была ниже, чем у трехлетков, на 56%, что может быть объяснено завершением процесса декальцинации костной системы и чешуйчатого покрова.

Количество креатинкиназы у этих рыб на 3-м году жизни значительно снижается, что указывает на возросшие потребности карпа в энергии.

Почти во всех группах в сыворотке невысокие показатели триглицеридов. Полагаем, что они переходят интенсивно из потока крови в жировые депо.

Содержание общего белка в сыворотке крови, активность фермента АЛТ находятся на сравнительно одинаковом уровне по всем годам исследований.

По другим показателям отмечена зависимость от сезона года: активация процессов весной и их торможение осенью. Кроме того, имеются различия в зависимости от гена чешуи.

Концентрация лактата (конечный продукт гидролиза углеводов) у двухлетков зеркальной группы выше, чем у трехлетков, у чешуйчатых — наоборот.

Сравнительно подробный анализ биохимических изменений в сыворотке крови является доказательной базой существенных различий в обмене веществ у карпов с различным геном чешуи.

Для кросса с чешуйчатым покровом характерно значительное возрастание к осени фермента АСТ на 67,3%, у зеркальных — на 13,2%. Уровень АЛТ остается на средних значениях у обеих групп, но ниже, чем у чистопородных.

Известно, что АСТ более термобильна, чем АЛТ, и трансаминирование аланина нарастает быстрее, чем с аспарагиновой кислотой. При достаточном уровне АСТ идет его преобразование до глютаминовой кислоты, при АЛТ — до глютаминовой и пировиноградной (пируват).

Система — глютаминовая аминокислота — амина-глутамин связывает механизм синтеза мочевины с циклом трикарбоновых кислот. Увеличение в крови АСТ свидетельствует о торможении этих процессов.

Общее для обеих групп уменьшение триглицеридов и холестерина объясняется более интенсивной переброской триглицеридов в органы и ткани в качестве резервного фонда. У обеих групп уменьшается количество лактата, что обуславливается торможением процесса гликолиза и уменьшением затрат на энергетические расходы (уменьшается уровень креатинкиназы).

Сравнительный анализ биохимических показателей кросса карпа еще раз дает доказательную базу, что они являются новым генотипом. Изменения в онтогенезе связаны с сезоном года: повышенная активация обмена веществ весной и медленное торможение осенью (перестройка к зимнему периоду).

Анализ физиологического состояния рыб показал, что кросс отличается от сверстников, полученных в «чистоте», по некоторым показателям (табл. 5). Так, у кросса показатели бластных форм эритроцитов (начальная стадия эритропоза) достоверно превышали своих сверстников. Количество так называемых разрушенных эритроцитов у кросса также было значительно больше, что является прямым следствием высокой степени интенсивности кроветворения у кросса. Это подтверждается и количеством мелких эритроцитов.

Лейкоцитарная формула крови у кросса карпа характеризуется большей динамикой по сравнению с чистокровными особями.

Отмечено возрастное снижение количества больших и средних лимфоцитов в белой крови от годовиков к трехлеткам карпа. При этом у чешуйчатых карпов эти показатели снизились в 2,2 и 4,2 раза соответственно, а у зеркальных карпов — соответственно в 1,9 и 2,9 раза. Различия в этих показателях у одновозрастных рыб независимо от чешуйного покрова незначительны. Указанные изменения свидетельствуют о более высоком уровне интенсивности обмена веществ у годовиков карпа по сравнению со старшими группами.

Фагоцитирующий индекс крови (ИСЛ) имеет низкие значения, что свидетельствует об отсутствии отрицательных воздействий на рыб и о высоком уровне защитных сил организма у кросса.

Физиологическая оценка годовиков карпа

Показатели	Кросс «Петровский»	Чистопород. (анишские зеркальные)	Чистопород. (чувашские чешуйчатые)
<i>Эритропоэз, %</i>			
Сумма бластных форм (гематоцитобласт, эритро- бласт)	1,6 ± 0,21	0,8 ± 0,24	1,0 ± 0,20
Базофильные нормобласты	5,6 ± 0,67	7,1 ± 2,29	6,5 ± 2,48
Сумма зрелых и полихроматофильных эритро- цитов	92,7 ± 0,78	92,1 ± 2,14	92,5 ± 2,62
Миелобласты	0,2 ± 0,17	0,3 ± 0,22	0,2 ± 0,11
Промиелоциты	0,4 ± 0,24	0,21 ± 0,21	0,34 ± 0,26
Миелоциты	0,49 ± 0,24	0,27 ± 0,24	0,40 ± 0,27
Метамиелоциты	1,30 ± 0,27	2,9 ± 0,37	1,74 ± 0,54
<i>Нейтрофилы, %</i>			
Палочкоядерные	1,23 ± 0,57	1,5 ± 0,47	0,45 ± 0,4
Сегментоядерные	2,69 ± 0,63	1,3 ± 1,08	2,3 ± 0,84
Всего	3,91 ± 0,63	2,8 ± 0,68	2,70 ± 1,40
Эозинофилы и псевдоэозинофилы	0,31 ± 0,18	0,2 ± 0,16	0,40 ± 0,27
Базофилы и псевдобазофилы	0,24 ± 0,13	0,58 ± 0,19	0,56 ± 0,33
<i>Агранулоциты, %</i>			
Лимфоциты	91,65 ± 0,78	88,6 ± 2,14	91,56 ± 0,77
Моноциты	1,39 ± 0,49	2,7 ± 0,60	3,14 ± 0,44
<i>На 1000 зрелых и полихроматофильных эритроцитов</i>			
Разрушенные эритроциты	31,8 ± 5,98	17,2 ± 3,43	18,6 ± 7,26
Мелкие эритроциты	12,6 ± 3,42	10,8 ± 4,88	8,6 ± 3,17
Лейкоциты	191 ± 63,6	80 ± 12,0	127 ± 24,1
СЦК	1,53 ± 0,049	1,75 ± 0,173	1,62 ± 0,120

При анализе гематологических показателей установлено, что карпы кросса «Петровский» имеют нормальное физиологическое состояние. При характеристике эритропоэза как у родителей, так и у их потомков отмечено интенсивное образование молодых клеток. Очевидно, это связано с повышенной потребностью организма

в гемоглобине при высокой интенсивности их роста. Так, у кросса уровень бластных форм эритроцитов достоверно выше по сравнению с материнскими формами. Количество так называемых разрушенных эритроцитов у них также было значительно выше, что является прямым следствием высокой интенсивности кровотока у кроссированных особей и подтверждается большим количеством мелких эритроцитов.

Лейкоцитарная формула крови у кросса характеризуется большей динамикой в сравнении с чистопородными особями карпа. Так, у кроссированных карпов уровень молодых клеток лейкопоза значительно выше, чем у их сверстников. Общее количество нейтрофилов и особей кросса закономерно выше по сравнению с чистопородными особями, при этом у них наблюдается увеличение более зрелых форм (сегментоядерных), тогда как у их сверстников — наоборот — молодых стадий клеток. У кроссированных карпов этот показатель был на 5–7% меньше. Уровень моноцитов во всех проверяемых группах был низким, что свидетельствует об отсутствии в организме болезнетворных процессов. Уровень лимфоцитов не имел существенных различий и находился в пределах физиологической нормы, позволяющих поддерживать интенсивный рост карпов.

Более низкие показатели количества моноцитов и цитохимического коэффициента (СЦК), а также нейтрофилов свидетельствуют о более высоком уровне состояния здоровья у кросса.

В целом физиологическая и иммунологическая защита у годовиков, как у кросса, так и чистопородных карпов, протекает нормально. Совокупность морфологических, физиологических и биохимических показателей, объективно отражающих физиологическое состояние рыб, свидетельствует о том, что исследуемые группы карпа имеют оптимальный физиологический статус. Однако у кроссированных рыб он поддерживается на более высоком уровне.

Установлено, что у рыб старшего возраста отмечено увеличение в крови иммунокомпетентных клеток — моноцитов и нейтрофилов, что свидетельствует о более высокой резистентности организма карпов старших возрастов и подтверждает общеизвестную закономерность о более низкой резистентности младших групп. При этом двухлетки и трехлетки зеркального карпа по сравнению с чешуйчатыми имеют в крови больше моноцитов и меньше нейтрофилов.

Общий уровень показателей белой крови у годовиков, двухлетков и трехлетков помесных карпов (чешуйчатых и зеркальных) находится в пределах референсных физиологических значений.

Содержание белка в крови товарных карпов чешуйчатого и зеркального покрова колебалось в нормальных пределах и составляло соответственно 4,58–4,22 г%.

Заключение

На основании проведенных исследований установлено, что интенсивно растущее, жизнестойкое потомство карпа можно получить путем использования скрещиваний специализированных пород, имеющих высокую комбинационную способность. Однако проявление гетерозиса во многом зависит от условий содержания и выращивания карпа (температурного, гидрохимического режимов и качества кормления).

При скрещивании производителей карпа разного происхождения помеси (кросс) первого поколения по ряду признаков и свойств превосходят родительские формы. Эти признаки и свойства проявляются в увеличении скорости роста рыб,

их жизнеспособности в летний и зимний периоды, устойчивости к неблагоприятным условиям содержания, что обуславливает повышение рыбопродуктивности прудов.

Созданный кросс карпа «Петровский» унаследовал от родительских форм (анишская и чувашская породы карпа) высокую скорость роста, лучшие экстерьерно-интерьерные показатели и высокую резистентность организма.

Обмен веществ у кросса в сравнении с родительскими формами характеризуется повышенной энергетикой, активностью ферментов, обуславливающих гетерозисный или аддитивный эффект.

Библиографический список

1. *Алексеевко А.А.* Физиологические показатели ропшинско-украинских помесных карпов и их исходных форм // Сб. Селекция рыб. М.: Колос, 1979. С. 61–66.
2. *Богерук А.К., Илясов Ю.И., Маслова Н.И.* Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. М.: Информационный пакет: Прудовое и озерное рыбоводство, 1997. Вып. 4. С. 43–55.
3. *Власов В.А., Маслова Н.И.* Гетерозис в рыбоводстве: Монография. М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2014. 203 с.
4. *Власов В.А., Привезенцев Ю.А., Дацюк П.В.* Промышленное скрещивание — важный резерв повышения продуктивности в прудовом рыбоводстве // Сб. науч. трудов «Совершенствование биотехники в рыбоводстве». М.: ТСХА, 1985. С. 7–12.
5. *Гальперин И.Л.* Методы сохранения и приемы рационального использования генофонда промышленных линий мясных кур // Сб. Теория и практика селекции яичных и мясных кур. СПб., 2002. С. 78–85.
6. *Горин В., Пыжов А., Полей Л. и др.* Прогнозирование племенных и продуктивных качеств кур // Птицеводство, 1982. № 8. С. 23–24.
7. *Даскалов Х.М.* Состояние теоретических исследований по гетерозису у овощных культур и его практическое использование // Гетерозис: Теория и практика. М.: Колос, 1968. С. 152–167.
8. *Замахавев Д.Ф.* О типах размерно-половых соотношений у рыб. М.: Тр. Мосрыбвтуза, 1969. Вып. 10. С. 193–209.
9. *Ивлева Л.А., Гилязетдинов Ш.Я., Ахметов Р.Р.* Структурное состояние хроматина и синтез РНК в проростках гетерозисных гибридов кукурузы // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции ВНИИ растениеводства. Т. 52. № 1. 1973. С. 96–106.
10. *Конарев В.Г.* Биохимические и молекулярно-генетические аспекты гетерозиса // Вестник сельхоз. Науки, 1974. № 12. С. 1–10.
11. *Маслова Н.И.* Биологические основы племенного дела в рыбоводстве и методы правления селекционным процессом. М.: РАСХН; ГНУ ВНИИР, 2011. 578 с.
12. *Маслова Н.И., Петрушин А.Б.* Биологические основы создания промышленного кросса карпа и характеристика чувашского карпа // В кн. «Рациональное использование пресноводных экосистем — перспективное направление реализации национального проекта Развитие АПК». М.: РАСХН; ВНИИР, 2007. С. 259–270.
13. *Плохинский Н.В.* Биометрия. Новосибирск, 1961. 364 с.
14. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
15. *Томиленко В.Г.* Влияние происхождения и биотехники выращивания сеголетков карпа на их зимостойчивость // Рыбное хозяйство. Киев, 1971. Вып. 13. С. 25–29
16. *Шахбазов В.Б.* Роль и природа интегральных свойств генома, определяющих гетерозис, неспецифическую устойчивость и возрастные изменения // Тезисы докл. IV съезда генетиков и селекционеров Украины. Киев: Наукова думка, 1981. Ч. 1. С. 21–26.
17. *Guyotard R.* High level of residual heterozygosity in gynogenetic rainbow trout, *Salmo gairdneri* Rich // Teor. Arrl. Genet. 1984. Vol. 67, NX. P. 307–316.

HETEROSIS IN FISH FARMING

V.F. VLASOV¹, N.I. MASLOVA²

(¹ Russian Timiryazev State Agrarian University;

² All-Russian Research Institute of Irrigation Fish Farming)

Aquaculture, morphological, physiological and biochemical assessment of cross-country, resulting from crossing of Anishskaya mirror and Chuvash scaly carp species under the conditions of fish farms "Karamyshevskaya" and "Kirya" are represented in the article. It was found that the obtained cross, especially in the first generation, according to some parameters is superior compared to parental forms, i.e. heterosis effect can be noticed and it is revealed in the growth rate and survival of fry in ponds. These morphological, physiological and biochemical studies indicate that the cross is a genotype with new biochemical properties. The high compatibility between Anishskaya mirror and Chuvash species of carp was found.

Key words: carp, breed, hybrids, cross, crossing, heterosis effect, growth, yearlings, two year olds, indices of body structure, haematological and biochemical parameters.

Власов Валентин Алексеевич — д. с.-х. н., профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства РГАУ-МСХА имени Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976-00-09, (905) 716-80-30).

Маслова Неонила Ивановна — д. б. н., зав. лабораторией разведения и воспроизводства рыб ВНИИ ирригационного рыбоводства (Московская область, Ногинский район, пос.им. Воровского, ул. Сергеева, 24; тел.: (499) 356-75-23).

Vlasov Valentin Alekseevich — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Department of Beekeeping and Fish Farming, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Moscow, Timiryazevskaya street, 49; tel.: +7 (499) 976-00-09, +7 (905) 716-80-30).

Maslova Neonila Ivanovna — Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Fish Farming and Reproduction, All-Russian Research Institute of Irrigation Fish Farming (Moscow region, Noginsk district, Vorovskogo village, Sergeeva street, 24; tel.: +7 (499) 356-75-23).