



УДК 639.371.5

Л.И. ЗАКОННОВА, кандидат биологических наук, заместитель директора*Беловский институт (филиал) Кемеровского государственного университета*

e-mail: belovo.kemsu@mail.ru

ПОДБОР ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ ПРИ СЕЛЕКЦИИ БЕЛОВСКОГО КАРПА

Описан метод формирования двух генетически отдаленных линий карпа только на основе местного беспородного стада путем ассортативного и гетерогенного подбора производителей по альбумино-трансферриновому комплексу плазмы крови.

Ключевые слова: тепловодный карп, производители, линии, ремонтно-маточное стадо, альбумино-трансферриновый комплекс, генетическое сходство.

При селекции беловского тепловодного карпа используется авторский метод формирования генетически отдаленных линий карпа на основе местного беспородного стада. Предлагаемый метод впервые позволил осуществить формирование двух генетически отдаленных линий (отводок) карпа с использованием только местных беспородных производителей. В результате применения разработанных принципов в Беловском рыбхозе (Кемеровская область) в 1984–2008 г. создано шесть поколений высокопродуктивного ремонтно-маточного стада, состоящего из двух генетически отдаленных линий карпа. Установлено, что промышленный гетерозисный эффект, выражающийся в увеличении выживаемости молоди, полученной от межлинейных скрещиваний, на 20–25 %, проявляется уже на уровне первого селекционного поколения. Это позволило использовать производителей из обеих линий для получения промышленной гетерозисной молоди карпа начиная с первого селекционного поколения, через 5 лет с начала селекционной работы. Так, в 1991 г. получено 1412,9 тыс. шт. сеголетков карпа средней массой 140,9 г, в 1992 г. – 1300 тыс. шт. ($m = 107,0$ г) – от производителей первого селекционного поколения, в 1993 г. – 200,5 тыс. шт. сеголетков со средней массой 217,1 г (выживаемость – 98,7 %). Внедрение результатов исследования в рыбководную практику позволило снизить себестоимость карпа на 8 % [1–3].

Цель настоящего исследования – разработать технологии подбора производителей по биохимическим признакам при формировании исходного селекционного стада производителей беловского карпа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в Беловском рыбхозе Кемеровской области. Стадо местного беспородного карпа представляло собой смешанную в генетическом отношении группу, в которую входили самцы и самки со сплошным и «разбросанным» типами чешуи. Генетический анализ ста-

да выявил несколько больших фенотипических групп самок и самцов, сходных по альбумино-трансферриновому комплексу, что позволяет использовать эти варианты в качестве генетических маркеров при формировании селекционных линий [4].

Для выбора лучших сочетаний производителей по альбумино-трансферриновому комплексу проведены полиаллельные скрещивания с целью выявления комбинаций, обеспечивающих лучшую специфическую комбинационную способность (СКС) и лучшую общую комбинационную способность (ОКС). Производители из этих генетических групп использованы в качестве основателей при закладке селекционных линий. При этом применялись все традиционные методы: массовый отбор по фенотипу, оценка отдельных производителей по потомству.

При формировании линий беловского карпа особый интерес представляло исследование возможности закрепления благоприятных генетических признаков, по возможности различных у каждой линии, для достижения генетической отдаленности уже на уровне первых селекционных поколений. Такими признаками стали типы чешуйного покрова и биохимические маркеры.

Исследование сочетаемости производителей по альбумино-трансферриновому комплексу плазмы крови проводили на примере чешуйчатых рыб из первичного стада, так как разбросанная группа была представлена только одной самкой и малочисленной группой самцов, что не позволило бы провести полиаллельные скрещивания среди разбросанных карпов на данном этапе работы.

Лучшую сочетаемость самок и самцов с различными фенотипами альбуминов и трансферринов определяли с помощью полиаллельных скрещиваний, по выживаемости потомства в период раннего эмбрионального и постэмбрионального развития, во время выращивания сеголетков и по темпу роста молоди, полученной от различных типов скрещиваний.

Исследованиями А.Г. Яблокова [5] показано, что наилучшие рыбо-водно-биологические результаты дает сочетание производителей из модальных и парамодальных групп. Наиболее стойкий и значительный эффект, по его мнению, дает сочетание самок и самцов с одинаковыми альбумино-трансферриновыми комплексами.

На основании вышеизложенного, нами принято решение использовать в полиаллельных скрещиваниях самок и самцов чешуйчатого карпа из наиболее многочисленных фенотипических групп, которые выявлены во время исследования генетических признаков производителей: ААВВ, АВСС, АВВВ. Средняя масса использованных шестигодовых самок составляла 5,3 кг, пятигодовалых самцов — 4,7 кг. Из каждой фенотипической группы использовано по 3 самки и самца от каждого варианта.

Для контроля выживаемости молоди карпа на каждом из этапов выращивания применяли стандартные методики тотального учета, которые в промышленном рыбководстве позволяют получить весьма достоверные результаты.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ результатов исследований показал, что выживаемость эмбрионов, полученных от полиаллельных скрещиваний, колебалась в пределах 44,3–84,1 %, в то время как в бессистемных контрольных производственных скрещиваниях она составила 52,5 % (табл. 1). Самая высокая выживаемость во время инкубации выявлена у потомков от ассортативных скрещиваний производителей с одинаковыми альбумино-трансферриновыми комплексами, гомозиготных по быстрой фракции альбуминов (АА) и средней фракции трансферринов (ВВ). Достаточно высокой (80,7 и 80,8 % соответственно) была выживаемость эмбрионов, полученных от скрещиваний гетерозиготных по альбуминам и гомозиготных по медленной фракции трансферринов (АВВВ) самок с самцами из фенотипических групп ААВВ и АВСС. Самый низкий показатель выживаемости во время инкубации отмечен от скрещивания самок из модальной группы (ААВВ) с гетерозиготными по альбуминам и гомозиготными по средней фракции трансферринов (АВВВ) самцами.

Во время выдерживания предличинок, которое проводили в производственных условиях и по производственной технологии, получены следующие результаты. Переход на внешнее питание всех личинок, полученных от полиаллельных скрещиваний, произошел через 72 ч после вылупления (при температуре воды 20 °С). Выживаемость личинок в большинстве групп была достаточно высокой (табл. 1). Самая высокая выживаемость (90 %) отмечена в группах ААВВ × ААВВ, АВВВ × ААВВ, АВСС × АВСС, самая низкая – в сочетаниях ААВВ × АВСС, АВСС × ААВВ и АВВВ × АВСС (50, 42 и 33 %).

Подращивание молоди проводили, как уже было сказано выше, в лотках, а затем в садках на понтонной линии. Выживаемость в конце лоткового подращивания у потомков от разных скрещиваний колебалась в пределах 46,9–98,2 %. Самая высокая выживаемость отмечена в сочетании ААВВ × ААВВ, самая низкая – АВВВ × АВВВ. Полный об-

Таблица 1

Выживаемость потомков (в среднем от трех повторов), полученных от полиаллельных скрещиваний производителей первичного беспородного стада беловского карпа, %

Тип скрещивания	Период				Общая выживаемость
	инкубация	выдерживание	лотки	садки	
АВВВ × АВВВ	69,1	88,0	46,9	26,0	7,4 ± 1,20
АВВВ × ААВВ	57,3	90,0	75,2	68,4	26,5 ± 1,27
АВВВ × АВСС	64,9	33,0	88,5	30,4	5,8 ± 1,23
ААВВ × АВВВ	44,3	86,0	50,6	41,1	7,9 ± 1,39
ААВВ × ААВВ	84,1	90,0	98,2	58,7	43,6 ± 1,35
ААВВ × АВСС	69,7	50,0	84,4	19,9	5,8 ± 1,09
АВСС × АВВВ	70,7	84,0	40,5	48,0	11,5 ± 1,13
АВСС × АВВВ	80,7	42,0	84,7	57,6	16,5 ± 1,36
АВСС × АВСС	80,8	90,0	73,3	44,0	23,4 ± 1,36
Контроль	52,5	48,4	65,0	56,5	9,3 ± 1,36

лов, проведенный в конце садкового выращивания, дал следующие результаты. Выживаемость сеголетков за период летнего выращивания в садках была невысокой как в производственных, так и в экспериментальных группах. Наблюдалась массовая гибель молоди от так называемого «некроза жабр» невыясненной этиологии, связанного, очевидно, с увеличением рН воды в садках во время максимального подъема температуры воды в водоеме. Самая высокая выживаемость сеголетков получена в сочетаниях гомозиготных (по альбуминам и трансферринам) самцов с самками из всех трех использованных для скрещиваний групп. В остальных сочетаниях выживаемость сеголетков была очень низкой, особенно в сочетании ААВВ × АВСС (19,9 %). Выживаемость в контрольной производственной группе сеголетков равнялась 56,5 % (табл. 1).

Следует отметить, что три группы сеголетков с наиболее высокой выживаемостью (ААВВ × ААВВ, АВВВ × ААВВ и АВСС × ААВВ) сохранили достаточно высокий темп роста в течение всего периода подращивания сеголетков.

Таким образом, в результате исследования выживаемости и темпа роста девяти групп молоди, полученной от полиаллельных скрещиваний по альбумино-трансферриновому комплексу, и контрольной группы производственной молоди получены следующие результаты. Молодь, полученная от скрещивания самок и самцов, гомозиготных по быстрой фракции альбуминов и средней фракции трансферринов (ААВВ), показала лучшие результаты по выживаемости на всех исследованных стадиях онтогенеза по сравнению с остальными экспериментальными и контрольной группами. Второй по выживаемости была группа молоди карпа от скрещивания АВСС × АВСС, которая лишь незначительно отличалась от лучшей группы на всех этапах выращивания, кроме последнего, когда выживаемость сеголетков составила всего 44 %, что, возможно, обусловлено не только биологическими, но и биотехническими причинами (например, худшей проточностью в садках). Остальные семь полиаллельных групп не обладали стабильно хорошей выживаемостью (табл. 1). Самый высокий темп роста оказался у молоди из группы АВСС × АВСС, но выживаемость на последнем этапе при этом была ниже, чем у лучшей опытной и контрольной производственной групп. Хорошую скорость роста при самой высокой выживаемости показала группа ААВВ × ААВВ.

После анализа полученных данных можно выделить две лучшие по рыбоводно-биологическим показателям группы. Ими оказались потомства, полученные от скрещиваний одинаковых производителей с одинаковыми — самок и самцов, гомозиготных по быстрой фракции альбуминов и средней фракции трансферринов (ААВВ × ААВВ), и самок и самцов, гетерозиготных по альбуминам и гомозиготных по медленной фракции трансферринов (АВСС × АВСС). Так как группы производителей с указанными фенотипами были самыми многочисленными в стаде (46,0 и 12,0 %), подтвердилось наше предположение о том, что при скрещивании самых многочисленных фенотипических групп карпа по альбумино-трансферриновому комплексу внутри себя, получаются, как и у форели [6], лучшие рыбоводные результаты. Обе эти группы чешуйчатых производителей можно рекомендовать для использования при получении промышленной молоди карпа, однако при формировании се-

лекционной линии, по нашему мнению, нужно использовать только производителей, гомозиготных по быстрой фракции альбуминов и средней фракции трансферринов (AABB). Во-первых, производители из этой группы показали лучшие результаты при исследовании рыбоводно-биологических свойств потомков, полученных от полиаллельных скрещиваний различных фенотипических групп карпов по альбумино-трансферриновому комплексу. Во-вторых, многочисленность особей внутри данной группы (46 %) и значительная их гетерогенность по основным морфологическим и репродуктивным параметрам позволяют провести отбор рыб по этим признакам при формировании исходного селекционного стада. В-третьих, гомозиготность самок и самцов по альбумино-трансферриновому комплексу позволяет закрепить этот признак уже на уровне первого селекционного поколения.

При использовании фенотипической группы с Альб.^{AA} и Tf^{BB} для формирования чешуйчатой линии и всех производителей из первичного стада разбросанного карпа для разбросанной линии можно достичь большей генетической разобшенности между ними, чем в первичном стаде, если чешуйчатую линию сформировать путем ассортативного подбора [7] самок и самцов с фенотипами AABB, а разбросанную линию – путем гетерогенных скрещиваний производителей из всех имеющих в первичном стаде фенотипических групп разбросанного карпа. Для иллюстрации сказанного выше проведем следующие расчеты. Если исходная для селекции группа чешуйчатого карпа будет состоять только из особей с фенотипами AABB, а в исходную группу разбросанного карпа войдут все особи из первичного стада, встречаемость частот аллелей альбуминов и трансферринов будет следующая (табл. 2).

Индекс генетического сходства по Нею по двум локусам составит в таком случае 0,78, что на 0,09 меньше, чем при сравнении чешуйчатых и разбросанных карпов в первичном стаде до отбора по альбумино-трансферриновому комплексу.

Таким образом, исключение из фенотипической группы чешуйчатого карпа аллелей Альб.^B, Tf^A и Tf^C при сохранении всего генетического разнообразия в разбросанной группе дает возможность увеличить генетическую разобшенность между чешуйчатой и разбросанной группами рыб. Индекс генетического сходства между исходными группами беловского чешуйчатого и разбросанного карпа таков, что дает возможность говорить

Таблица 2

**Встречаемость частот аллелей альбуминов
и трансферринов у разных линий карпа**

Аллель	Карп	
	чешуйчатый	разбросанный
Альб. ^A	1,0	0,45
Альб. ^B	0,0	0,55
Tf ^A	0,0	0,25
Tf ^B	1,0	0,65
Tf ^C	0,0	0,10

об их значительной генетической разобщенности. К примеру, индекс генетического сходства между группами немецкого и черепетского местного карпов составил 0,71 [8]. При использовании настоящего подхода к формированию чешуйчатой и разбросанной линий можно ожидать проявления гетерозисного эффекта при промышленных межлинейных скрещиваниях уже на ранних стадиях селекции беловского карпа.

По результатам исследования морфологических, репродуктивных и генетических параметров и подбора производителей по генетической сочетаемости разработаны принципы, на основе которых сформированы исходные группы чешуйчатого и разбросанного карпа:

1 – двухлинейное разведение на основе местного беспородного стада карпа;

2 – использование в качестве генетических маркеров генов чешуйного покрова и альбумино-трансферринового комплекса;

3 – ассортативный подбор по генам чешуйного покрова при формировании чешуйчатой (SSnn) и разбросанной (ssnn) линий;

4 – достижение генетической разобщенности между линиями за счет ассортативного подбора производителей чешуйчатой линии и гетерогенного – разбросанной линии по альбумино-трансферриновому комплексу плазмы крови;

5 – ступенчатый отбор производителей по морфологическим и репродуктивным параметрам.

ВЫВОДЫ

1. Полиаллельное скрещивание на основе подбора производителей по альбумино-трансферриновому комплексу позволило выявить перспективные комбинации для использования в промышленных целях. Такими оказались альбумины AA и трансферрины BB.

2. Сопоставление генетической структуры двух линий беловского карпа (чешуйчатой и разбросанной) выявило существенную генетическую отдаленность между ними.

3. Постановка полупроизводственных скрещиваний с учетом генетических особенностей производителей позволила наблюдать проявление гетерозисного эффекта у межлинейных гибридов F_1 , выразившегося в повышении выживаемости.

4. Выявлены возможности использования производителей первого поколения для получения промышленной гетерозисной молоди.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Законнова Л.И.** Итоги и перспективы работ по созданию высокопродуктивного стада беловского карпа // Биологическая продуктивность водоемов Западной Сибири и их рациональное использование: тез. докл. науч. конф., Новосибирск, 16–18 июля 1997 г. – Новосибирск, 1997. – С. 75–76.
2. **Законнова Л.И.** Рыбоводно-биологическая характеристика производителей беловского карпа третьего и четвертого селекционных поколений // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования: тез. докл. науч. конф., Томск, 22–23 янв. 1998 г. – Томск, 1998. – С. 229–231.
3. **Законнова Л.И.** Беловское рыбное хозяйство: история создания и перспективы развития // Сборник трудов молодых ученых Кемеровского государственного университета, посвященный 60-летию Кемеровской области: В 2 т. – Кемерово: Полиграф,

2002. – Т. 2. – С. 219–222.
4. **Законнова Л.И.** Принципы использования генотипических и фенотипических маркеров в селекции карпа // Наука и образование: материалы VII междунар. науч. конф. (14 – 15 мая 2008): В 4 ч. – Белово: ООО «Канцлер», 2008. – Ч. 1. – С. 569–574.
 5. **Яблоков А.Г.** Подбор производителей радужной форели по оптимальной генетической сочетаемости // Тезисы докладов III Всесоюзного совещания по генетике, селекции и гибридизации рыб. – Тарту, 1986. – С. 250–251.
 6. **Яблоков А.Г.** Биологические основы сочетаемости производителей при селекции радужной форели: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Л., 1987. – 23 с.
 7. **Кирпичников В.С.** Генетические основы селекции рыб. – Л.: Наука, 1987. – 391 с.
 8. **Щербенок Ю.И.** Естественный отбор по трансферриновому и эстеразному локусам ропшинского карпа в период зимовки // Изв. ГосНИОРХ. – 1980. – Т. 153. – С. 94–99.

Поступила в редакцию 19.03.2009

L.I. ZAKONNOVA

**SELECTING MALES AS TO BIOCHEMICAL CHARACTERS
IN BREEDING OF BELOVSKIY CARP**

There is described the method of forming two genetically distant lines of carp based barely on local unpedigreed stocks by means of the assortative and heterogeneous selection of males as to the albumin-transferrin complex of blood plasma.

Keywords: warmwater carp, males, lines, replacement brood stock, albumin-transferrin complex, genetic affinity.
