

УДК 639
ББК 47.2
Н72

Н72 Новейшие генетические технологии для аква-культуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29 – 31 января 2020 г). – М.: Издательство «Перо», 2020. – 350 с. – Мб. [Электронное издание]. – Систем. требования: процессор x86 с тактовой частотой 500 МГц и выше; 512 Мб ОЗУ; Windows XP/7/8; видеокарта SVGA 1280x1024 High Color (32 bit). – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-00171-087-5

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции с международным участием «Новейшие генетические технологии для аквакультуры» проходившей в г. Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 29 – 31 января 2020 г в рамках выставки «Agros 2020».

УДК 639
ББК 47.2

ISBN 978-5-00171-087-5

© Авторы статей, 2020

**ЗАВИСИМОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННО-ВАЖНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТ
ОБИЛИЯ ЧЕШУИ НА ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛА У ЕВРО-АЗИАТСКИХ
РАЗБРОСАННЫХ КРОССОВ КАРПА F1, ПОЛУЧЕННЫХ В
СКРЕЩИВАНИЯХ РАМЧАТЫХ И КРУПНОЧЕШУЙНЫХ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ. Сообщение 1**

Мурашкин В.Б.

*Филиал по пресноводному рыбоводству ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
(«Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства»), Федеральное агентство по рыболовству.*

E-mail: murashkin_58@mail.ru.

**DEPENDENCY BETWEEN ECONOMIC TRAITS OF EURO-ASIAN
SCATTERED CROSSES OF F1, DERIVED FROM FRAME CARPS AND
LARGE-SCALE CARPS, AND THE AMOUNT OF SCALE. Message 1**

Murashkin V.B.

***Summary.** There was a preliminary study of dependency between the body weight and several exterior indexes with the amount of scale on fingerlings of Euro-Asian scattered crosses of carp F1, descending from frame carp females (European subspecies) and Cherepet large-scale males (carrying about 75% genetic heredity of Asian subspecies). The study has reliably proven a positive linear regression between the amount of scale and body weight, as well as a negative linear regression between the amount of scale and 1/H index.*

***Key words:** carp, scattered (ssnn), fingerlings, hybrid F1, Euro-Asian heredity, body weight, 1/H index, dependency, amount of scale.*

Введение

Представленные в данной публикации материалы являются результатом широкомасштабного внедрения в товарное карповодство высокопродуктивных кроссов карпа F1, в том числе малочешуйных (обычно разбросанных). В частности, в основных регионах производства товарного карпа, локализованных преимущественно на юге России («Объединение Краснодаррыба», ассоциация «Большая рыба» - бывший Рыбколхоз им. И.В. Абрамова, Ростовская область).

Желание выращивать малочешуйного товарного карпа вполне оправдано. Оно обусловлено повышенным потребительским спросом на такую рыбу, существующим на данный момент. Более того, значительное количество хозяйств достаточно успешно занимается выращиванием высокопродуктивных кроссов F1, полученных в соответствии с разработанной отечественными

специалистами, а позже заимствованной странами Восточной и Центральной Европы, а также Юго-Восточной Азии, концепцией максимального извлечения эффекта гетерозиса в карповодстве.

Она сводится к тому, что в качестве родительских форм используют породы, генеалогически относящиеся к различным подвидам сазана: европейскому (*Cyprinus carpio carpio* L.) и азиатскому (*Cyprinus carpio haemotopterus* T&S). Типичными представителями этих подвигов являются соответственно дунайский и амурский сазан. Причем, чем выше доля наследственности разных подвигов у скрещиваемых родительских форм карпа, тем выше степень проявления гетерозиса в первом поколении.

Именно поэтому наибольшее распространение в вышеуказанных хозяйствах получили разбросанные кроссы F1, полученные на основе комплекса пород черепетских карпов [12] (см. Схему 1). В частности, включённой в Госреестр селекционных достижений РФ породы черепетский рамчатый и новой породной группы черепетского зеркального (крупночешуйного) карпа.

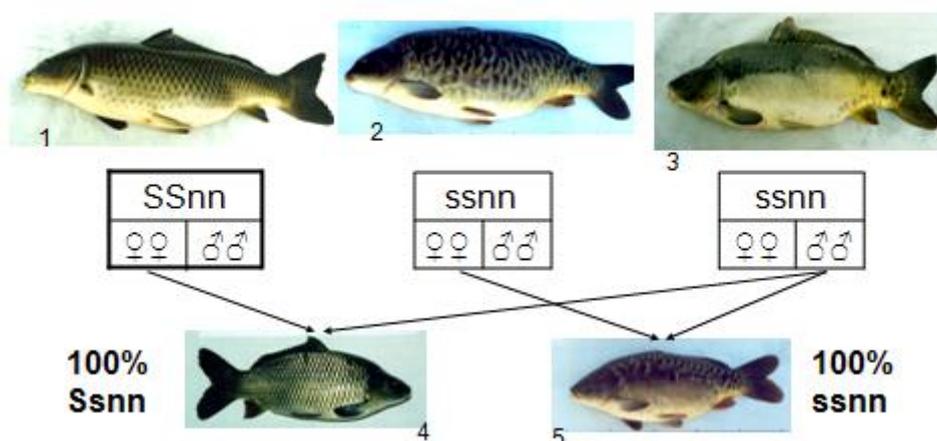


Схема 1 – Структура комплекса пород и кроссов F1 черепетских карпов

Примечание: 1- порода черепетский чешуйчатый карп; 2- породная группа черепетский «крупночешуйный» карп; 3- порода черепетский рамчатый карп; 4- чешуйчатый кросс карпа F1 «Черепеть Ч»; 5- разбросанный кросс карпа F1 «Черепеть Р».

Первая из них генеалогически относится к лаузицкой расе так называемого «культурного» карпа, восходящей к европейскому подвиду сазана и несет 100% (или 1,0) его наследственности. Вторая имеет гибридное происхождение и несет 25% (0,25) наследственности галицийской расы «культурного» карпа и 75% (0,75) наследственности амурского сазана.

По уникально высокой доле наследственности сазана азиатского подвида среди разбросанных карпов черепетские «крупночешуйные» карпы пока не имеют аналогов в мировом карповодстве. Столь же уникальным является и стандарт чешуйного покрова этой породной группы. Селекция велась на

покрытие всей поверхности тела гиперморфизированной чешуей, что позволяет легко идентифицировать эту породную группу от прочих структурных единиц комплекса черепетских карпов путём простой визуальной оценки. При этом особи, имеющие на поверхности тела безчешуйные участки (порой очень даже большие), подлежали выбраковке.

Промышленное использование межпородных евро-азиатских кроссов F1, полученных с использованием черепетских «крупночешуйных» карпов позволяет повысить продуктивность рыбоводных сооружений на 25-50% и даже существенно больше [11].

В ряде хозяйств используют местные стада рамчатых карпов, являющихся потомками импортированных из за рубежа (как правило, из Венгрии) рыб не вполне ясной породной принадлежности. По сути, эти рыбы выполняют аналогичную черепетским рамчатым карпам роль, поскольку, несомненно, также несут до 100% наследственности сазана европейского подвида.

И те и другие родительские формы являются двойными рецессивными гомозиготами по факторам чешуйного покрова (ssnn), как и полученное от них потомство. Однако фенотипически, по обилию чешуи (как в плане количества, так и её совокупной площади) на поверхности тела межпородные кроссы F1 могут выглядеть весьма различн (см. табл. 1).

При этом в потомстве от скрещивания черепетских рамчатых карпов с «крупночешуйными» обычно наблюдается примерно по 10-15% рыб, которые по фенотипу чешуйного покрова близки к родительским формам, а около 70-80% занимают промежуточное положение. На взгляд автора, эта рыба в потребительском плане выглядит вполне удовлетворительно. Тем не менее, промышленности хотелось бы иметь всю товарную рыбу с малым количеством чешуи (преимущественно рамчатую) и с высокоспинной формой тела, т.е. напоминающую породы, относящиеся к европейскому подвиду.

Возвращаясь к выбраковке карпов с нестандартным чешуйным покровом мы, конечно, вполне обосновано предполагали, что при скрещивании таких нестандартных рыб с черепетскими рамчатыми карпами полученное потомство окажется менее чешуйным. Поэтому по просьбе специалистов Черепетского хозяйства часть рыб этой породной группы с нестандартным чешуйным покровом из 1-ой племенной генерации 9-го поколения 2012 года рождения была оставлена для дальнейшего выращивания, чтобы в последующем осуществить эти скрещивания.

Именно результаты промышленного скрещивания, осуществленного в АО «Черепетский рыбхоз» весной 2014 года между 5-годовалыми самками породы черепетского рамчатого карпа и 2-годовалыми самцами породной группы черепетского «крупночешуйного» карпа с нестандартным чешуйным покровом, по итогам которого было получено наименее чешуйное, но и самое мелкое на тот

момент потомство за всю историю рыбхоза, послужили побудительным мотивом для данного исследования.

Таблица 1 - Иллюстрация идентификации чешуйного покрова у гибридных разбросанных карпов

	
Фото 1. Индекс чешуйного покрова – 1,0	Фото 2. Индекс чешуйного покрова – 2,0
	
Фото 3. Индекс чешуйного покрова – 3,0	Фото 4. Индекс чешуйного покрова – 3,5
	
Фото 5. Индекс чешуйного покрова – 4,0	Фото 6. Индекс чешуйного покрова – 5,0

Целью этого исследования, выполненного на общественных началах и не претендующего в силу целого ряда обстоятельств, о которых будет упомянуто ниже, на категорические выводы, являлся первоначальный («пристрелочный») поиск наличия зависимости некоторых хозяйственно-важных показателей – масса тела и экстерьерные индексы от обилия чешуи на поверхности тела у разбросанных кроссов F1 карпа.

Обзор литературы

К целенаправленному изучению наследуемости характера чешуйного покрова и его влиянию на хозяйственно-важные признаки у карпа с учётом

древней истории его культивирования, насчитывающей тысячелетия, приступили сравнительно недавно.

Вначале было установлено [19], что карпы, имеющие сплошной чешуйный покров в виде систематически расположенных по поверхности тела рядов, доминируют над разбросанными.

Несколько позже были определены две пары аутосомных генов (Ss и Nn , в которых первый из аллелей является доминантным), определяющих тот, или иной тип чешуйного покрова, имеющий четыре основных фенотипа, детерминируемых шестью генотипами [8, 9, 4, 5, 1 16].

В частности, чешуйчатый и линейный зеркальный типы чешуйного покрова могут определяться двумя генотипами – $SSnn$ и $Ssnn$, а также $SSNn$ и $SsNn$, соответственно. Разбросанные зеркальные и голые (или кожистые) бесчешуйные карпы имеют генотипы соответственно $ssnn$ (двойные рецессивные гомозиготы) и $ssNn$.

Из вышеизложенного следует, что доминантный аллель гена N как бы маскирует наличие доминантного аллеля S . В практической деятельности это приводит к некоторому замешательству рыбоводов, взявших в нерест внешне малочешуйную рыбу, а получивших в потомстве значительную долю (до 50%) чешуйчатых особей. Такое возможно, например, при скрещивании линейных карпов генотипа $SSNn$ с разбросанными ($ssnn$), когда одна половина потомства будет иметь генотип $SsNn$ (линейные), а другая $Ssnn$ (чешуйчатые).

Обращает на себя внимание факт отсутствия в геномах, определяющих фенотип чешуйного покрова, сочетания NN . В результате специально проведённых исследований было показано [2, 17], что такое сочетание летально для карпа. Большинство таких особей погибают уже на начальных этапах эмбриогенеза, а по завершении первых часов постэмбрионального развития погибают полностью.

Обратимся теперь к показателям продуктивности карпов с разным генотипом чешуйного покрова. Понятно, что этот показатель интегрирует в себе жизнеспособность (выживаемость) и скорость роста (массонакопление). Показано [18, 14], что по устойчивости к дефициту кислорода, возникающему достаточно часто в результате летних повышений температуры воды, гетерозиготные карпы Nn (линейные и голые) уступают рецессивным гомозиготам nn (чешуйчатые и разбросанные). По скорости роста (массонакопления) карпы разных генотипов выстраиваются в следующий похожий ряд: лучшие – чешуйчатые, за ними следуют разбросанные, далее линейные, а за ними голые [5, 6, 18, 13, 3]. Отсюда следует, что по валовой рыбопродуктивности карпы вышеуказанных генотипов образуют аналогичный ряд. Причем, по мере ухудшения условий содержания различия между ними становятся ещё более ощутимыми [5, 15, 20].

Именно по этой причине в большинстве стран, имеющих серьёзные объёмы производства товарного карпа, отказались от промышленного разведения линейных и голых рыб. Тем не менее, зачастую их сохраняют, но, как правило, в виде генетических коллекций.

Что касается более дискретного подхода к влиянию генетического содержания на продуктивные показатели рыб одного и того фенотипа чешуйного покрова, то таких данных существенно меньше. Известно, что чешуйчатые гетерозиготные (Ss) карпы растут лучше гомозиготных (SS) [7].

Вопрос о связи обилия чешуи на поверхности тела, имеющего практически непрерывный ряд модификационной изменчивости у разбросанных карпов (один и тот же генотип ssnn), от крайних вариантов в виде «рамчатых» особей до «крупночешуйных» карпов, с хозяйственно-важными показателями вообще остается открытым.

Материал и методика

Первоначально предполагалось, что материалом для исследований послужат совокупности сеголеток гибридов F1, полученных в 2015 г при скрещивании 3-х годовалых самцов черепетских зеркальных карпов с самками разных породных групп Венгерского происхождения, имеющихся в Курчанском и Ангелинском рыбхозах, а также в СПК рыбколхоз «Шапариевский», расположенных в Краснодарском крае.

Однако лишь в последнем случае сеголетки, полученные от скрещивания 4-годовалых самок породной группы, условно позиционируемой как «Сарваш зеркальный», с 3-годовалыми самцами черепетского «крупночешуйного» карпа и выращенные в 3-гектарном пруду бригады №3 оказались пригодны для последующего анализа. В первом случае хозяйство оказалось по срокам не готово к облову сеголеток. Во втором - выращенные сеголетки в силу сравнительно низкой средней массы тела (чуть менее 50 гр.), при небольшом размахе вариант, а также наличия очень узкого спектра модификационной изменчивости чешуйного покрова, причём существенно отличающегося от ожидаемой картины, оказались непригодны для данного исследования.

Причин столь незначительной модификационной изменчивости по фенотипу чешуйного покрова может быть две. Первая сводится к тому, что использованные в скрещивании самки, вполне возможно, имели отличный от черепетских рамчатых карпов набор генов модификаторов, блокирующий в той или иной степени закладку чешуи на поверхности тела. Вторая сводится к тому, что некоторые хозяйства, возможно, слукавили и при проведении заранее оговоренных скрещиваний использовали самцов черепетского «крупночешуйного» карпа с нестандартным чешуйным покровом, поскольку имели таких самцов и были ознакомлены с фактом, имевшим место годом ранее в Черепетском рыбхозе.

Некоторые сложности (в т.ч. в плане его лексической формулировки) вызвал критерий оценки чешуйного покрова.

Количество (выраженное в штуках) не подходит, поскольку размер чешуек может быть разным и при их примерно одинаковом их количестве общее зрительное ощущение будет весьма различным (см., например, фото 2 и 6 табл. 1, на которых запечатлены сеголетки с примерно одинаковым количеством (шт.) чешуек.

Площадь (мм^2 , см^2) поверхности тела, покрытая чешуей и её соотношение с непокрытой частью. Вполне возможный и достаточно точный критерий, но методически очень трудоёмкий, в силу отсутствия прямолинейных очертаний этих частей на неровной, к тому же, поверхности тела.

Выход был найден в самой сути борьбы за малочешуйность, которая важна для потребителя. А потребитель руководствуется не штучным и не размерным критериями чешуйного покрова, а зрительным эффектом или «впечатлением кадра». Градацию зрительных ощущений мы выразили в условных баллах (см. табл. 1), а сам критерий назвали индекс чешуйного покрова (ИЧП – здесь и далее по тексту).

Как видно из той же таблицы 1, величина индекса чешуйного покрова имела пять основных градаций:

1 – рыбы, аналогичные по чешуйному покрову материнской форме, то есть – рамчатые (фото 1);

2 – особи, близкие к материнской форме (фото 2);

3 – карпы, занимающие по количеству чешуи промежуточное положение между родительскими формами (фото 3);

4 – рыбы, приближающиеся к отцовской форме, то есть имеющие относительно небольшие бесчешуйные участки на поверхности тела (фото 5);

5 – особи, аналогичные по чешуйному покрову отцовской форме, тело которых полностью покрыто крупной гиперморфизированной, или зеркальной чешуей (фото 6).

Поскольку модификационная изменчивость гибридов F1 по характеру чешуйного покрова фактически имела непрерывный ряд, то старались регистрировать и значения индекса чешуйного покрова, занимающие промежуточные положения между основными градациями, охарактеризованными выше (см., например, фото 4).

Величину индекса чешуйного покрова, с учётом присущей, в частности разбросанным карпам в большей степени билатеральной асимметрии по этому критерию, определяли как среднее арифметическое значение по итогам субъективной визуальной оценки с левой и правой стороны поверхности тела, которую проводили коллегиально совместно со специалистами хозяйства путём сопоставления с базовой матрицей (фото табл. 1). Полученные средние значения

ИЧП для рыб, имеющих значения этого критерия в интервале от 1 до 2 округлялись до четверти балла, а у рыб со значениями ИЧП свыше 2 округлялись до половины балла. При определении ИЧП осуществляли сопряженные с ним промеры рыб по основным размерно-весовым показателям.

Вариационно-статистическую обработку полученных данных осуществляли по методикам, изложенным в «Биометрии» Г.Ф. Лакина [10].

Результаты и обсуждение

Для начала приведем характеристику репрезентативной выборки объемом в 50 особей, взятой для исследования из генеральной совокупности, сконцентрированной в рыбоуловителе 3-гектарного пруда бригады №3 по основным исследуемым показателям. Она представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Значения основных исследованных показателей в репрезентативной выборке

Показатели	Параметры	
	$X \pm m_x$	C.V., %
1	2	3
ИЧП, балл	2,15 ± 0,080	37,27
Масса тела (M), гр.	147,8 ± 7,36	35,20
Длина тела (l), см.	17,2 ± 0,27	10,98
Наибольшая высота тела (H), см.	6,5 ± 0,11	12,17
Наибольшая толщина тела (B), см.	2,8 ± 0,05	12,92
Длина головы (C), см.	4,8 ± 0,08	11,86
Коэффициент упитанности по Фультону (100*M/l ³)	2,77 ± 0,038	9,75
Индекс высокоспинности (l/H)	2,62 ± 0,019	5,12
Индекс толщины тела (B/l, %)	16,41 ± 0,119	5,13
Индекс длины головы (C/l, %)	27,81 ± 0,159	4,04

Примечания: X – среднее значение; m_x - ошибка среднего значения; C.V., % - коэффициент вариации.

Как видно из этой таблицы, изменчивость рыб по основным исследуемым показателям - ИЧП и массе тела применительно к условиям прудового содержания оказалась вполне значимой и приемлемой для последующего анализа. Кроме того, среднее значение ИЧП составило всего 2,16 и позволяет считать на основании сопоставления с фото 2 таблицы 1 в целом вполне приемлемой для конечного потребителя. Однако с промежуточным потребителем (оптовиком, диктующим хозяйствам свои требования) дело может оказаться несколько сложнее.

Перейдем к сопряжению значений ИЧП с другими наиболее важными показателями, как продукционного (масса тела), так и потребительского

(индексы высокоспинности и длины головы) характера, обратившись к таблице 3.

Таблица 3 - Средние значения основных размерно-весовых показателей у кроссов F1 с разным индексом чешуйного покрова

Индекс чешуйн. покрова	Кол-во, шт.	Признак					
		М, г		I/H		С/Л, %	
		Σх	Х	Σх	Х	Σх	Х
1,0	6	605	100,8	15,77	2,63	167,06	27,84
1,25	1	120	120,0	2,67	2,67	27,61	27,61
1,5	10	1165	116,5	27,51	2,75	279,66	27,97
2,0	14	2085	148,9	36,45	2,60	383,03	27,36
2,5	5	670	134,0	13,46	2,69	137,38	27,48
3,0	10	1880	188,0	25,72	2,57	281,70	28,17
3,5	2	485	242,5	5,27	2,635	55,55	27,775
4,0	2	395	197,5	5,15	2,575	58,6	29,30

Как видно из таблицы, количество выделенных фенотипических классов в полученной выборке равнялось 8. Обращает на себя внимание отсутствие особей с ИЧП равным 5. Сразу же заметим, что в генеральной совокупности, сконцентрированной в рыбоуловителе, нами наблюдались особи с поверхностью тела сплошь покрытой гиперморфизированной зеркальной чешуёй. Однако доля их была сравнительно мала. А поскольку наряду с затронутой проблематикой нами решались и другие задачи, в частности – определение срезневзвешенной величины ИЧП в таких скрещиваниях, то специально (нарушая принцип репрезентативности) таких особей не отбирали.

Как видно из таблицы 3, в репрезентативной выборке почти две трети особей (62%) имели значения индекса чешуйного покрова в диапазоне от 1 до 2. При этом в диапазон от 1 до 3 укладывались 92% сеголеток карпа.

При обработке первичных данных корреляция между массой тела и величиной индекса чешуйного покрова оказалась статистически достоверной. Величина коэффициента корреляции составила 0,627.

Полученное на его основе уравнение линейной регрессии имело следующий вид:

$$M, г = 110,9 + 17,1 \times \text{ИЧП} \quad (1)$$

На наш взгляд, это уравнение весьма посредственно описывает имеющуюся зависимость. Прежде всего, по причине недостаточного количества вариант наблюдений, сопряженных с некоторыми значениями индекса

чешуйного покрова. Поэтому для дальнейшего анализа исследуемой зависимости провели корректное выравнивание полученных рядов и насыщение интервалов значений ИЧП вариантами наблюдений (численностью рыб). Эту процедуру осуществили методом «скользящей средней». В итоге получили данные, представленные ниже, в таблице 4.

Таблица 4 - Сглаженные методом «скользящей средней» данные о средних значениях основных размерно-весовых показателей у кроссов карпа F1 с разным значениями ИЧП

Индекс чешуйн. покрова	Кол-во, шт.	Признак					
		М, г		I/H		C/L, %	
		Σx	X	Σx	X	Σx	X
1,31	17	1890	111,2	45,95	2,70	474,3	27,90
1,77	25	3370	134,8	66,63	2,67	690,3	27,61
1,91	29	3920	135,2	77,42	2,67	800,1	27,59
2,43	29	4635	159,8	75,63	2,61	802,1	27,66
2,91	17	3035	178,5	44,45	2,60	474,6	27,92
3,21	14	2760	197,1	36,14	2,58	395,8	28,27

Содержащиеся в ней данные не только более чётко демонстрируют наличие положительной линейной зависимости массы тела от величины индекса чешуйного покрова, но и проявляют аналогичную связь у индекса высокоспинности, только с обратным знаком, чего нельзя сказать об индексе относительной длины головы.

В графическом восприятии зависимость массы тела от величины ИЧП становится ещё более очевидной (см. Рис.1).

Зависимость массы от индекса чешуйного покрова

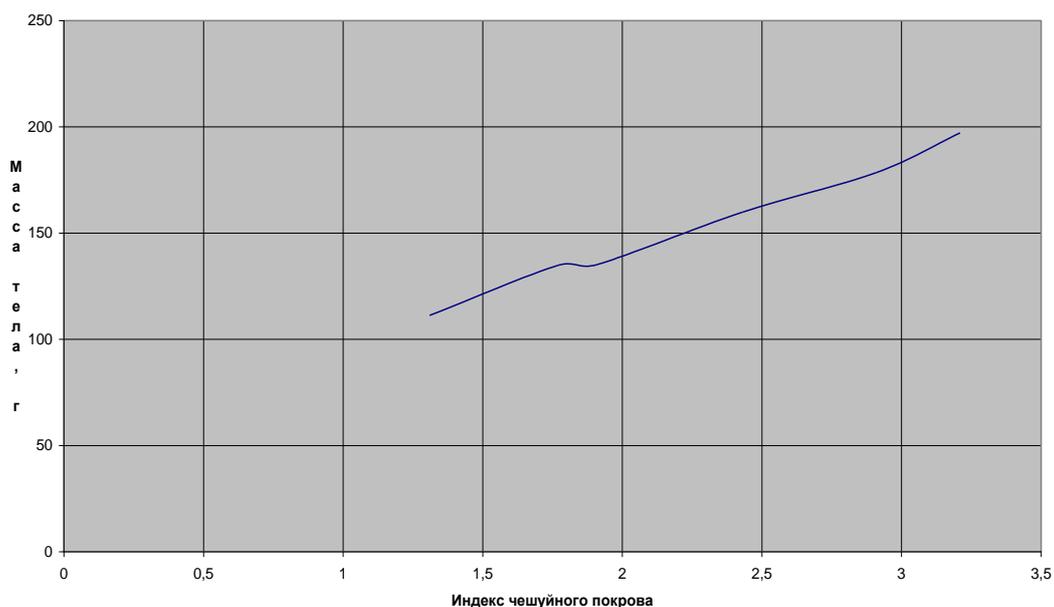


Рисунок 1 - Зависимость массы тела от величины ИЧП

Коэффициент корреляции между массой тела и индексом чешуйного покрова находился в интервале от 0,98 до 1,02, т.е. был равен 1,0.

Математически зависимость массы тела от величины индекса чешуйного покрова в данном конкретном случае очень хорошо описывается следующим уравнением линейной регрессии:

$$M, \text{ г} = 51,8 + 44,7 \times \text{ИЧП} \quad (2)$$

Из уравнения следует, что увеличение ИЧП на одну единицу приводит к увеличению массы тела сеголеток почти на 45 г. Что касается относительной разницы по массе тела, между рыбами с разной величиной индекса чешуйного покрова, то, как видно из таблицы 4 и вышеприведенного уравнения, она может достигать существенных значений. Например, согласно уравнению, у карпов с величиной ИЧП равной 1 среднее значение массы тела может составить 96,5 г, в то время как у рыб с величиной ИЧП, равной 3, значение этого показателя примерно будет равно 186 г, т.е. окажется почти на 93% больше.

Если же иметь в виду гипотетическую разницу между группами особей с крайними значениями ИЧП, равными 1 и 5, то она вообще окажется фантастической: 96,5 г против 275,5 г. То есть у рыб второй группы (ИЧП = 5) среднее значение массы тела может оказать почти в 3 раза больше.

Значения коэффициента корреляции между ИЧП и величиной индекса I/N, полученные для первичных и «сглаженных» данных составили соответственно 0,455 и 0,718, оказавшись во втором случае в высокой степени статистически значимыми (достоверны).

Этот факт оказался довольно неожиданным для нас, поскольку противоречил двум устоявшимся представлениям. С одной стороны особи, внешне напоминающие породы культурного и обычно более высокоспинного карпа, в нашем случае оказались более прогонистыми. С другой стороны, также хорошо известно, что обычно по мере взросления и увеличения линейных размеров у особей карпа степень высокоспинности снижается, то есть наблюдается увеличение значения индекса I/N. В нашем случае, напротив, более крупные особи (с более обильным количеством чешуи) оказались более высокоспинными по сравнению с мелкими.

Зависимость индекса высокоспинности (I/N), определенная по скорректированным данным, достаточно хорошо описывается следующим уравнением отрицательной линейной регрессии:

$$I/N = 2,82 - 0,083 \times \text{ИЧП} \quad (3)$$

Из полученного уравнения следует, что при увеличении ИЧП на одну единицу, значение индекса I/N смещается в более «карповую» (высоко спинную) сторону на 0,083. Теоретически у рыб с крайними значениями ИЧП (1 и 5) разница в значениях индекса I/N может достигать $(0,083 \cdot 4)$ величины 0,332, что с учётом узкой вариативности этого показателя, весьма ощутимо. И при этом может благоприятно повлиять на потребительские свойства.

Что касается связи ИЧП с индексом длины головы (C/L , %), то статистически значимой зависимости не обнаружено.

Таким образом, проведенное исследование показало, что при скрещивании рамчатых самок породной группы условно позиционированной нами как Сарваш зеркальный с самцами черепетского разбросанного «крупночешуйного» карпа в потомстве в возрасте 0+ наблюдалась достоверная линейная регрессия зависимости массы тела от обилия чешуи на его поверхности.

При этом не исключено, что у других породных групп рамчатого карпа, генеалогически восходящих к европейскому подвиду сазана, может оказаться иной набор генов модификаторов разбросанного типа чешуйного покрова, который обусловит несколько иную картину проявления в гибридном потомстве.

Кроме того, полученные результаты радуют в плане того, что выбранный нами стандарт чешуйного покрова (гиперморфизированная чешуя покрывает всю поверхность тела) для черепетских «крупночешуйных» карпов оказался не только удобным в плане простой визуальной идентификации этой породной группы от других пород, но и, вполне возможно, благоприятно влияет на одну из основных составляющих показателя продуктивности, а именно – рост, или массонакопление.

Что касается другой составляющей продуктивности – выживаемости, то оценить её за полный вегетационный сезон (хотя бы первый) не представляется возможным, поскольку у 3-суточной «деловой» личинки определить фенотип чешуйного покрова невозможно. Однако сделать это вполне реально, но начиная, например, от выращивания подрошенной молоди (2-5 г) до сеголеток.

Несомненно, полученные результаты имеют крайне предварительный характер и нуждаются в пополнении эмпирической базы путём проведения дальнейших исследований и с использованием других пород рамчатых карпов, генеалогически относящихся к европейскому подвиду сазана. А с учётом значительного удельного вклада черепетских «крупночешуйных» карпов в производство высокопродуктивных, и особенно востребованных в IV-VI зонах рыбоводства, малочешуйных кроссов F1 карпа, желательно, чтобы такие исследования проводились не на общественных началах, а на фундаментальной научной основе, в рамках соответствующей тематики государственного заказа.

Тем не менее, полученные результаты позволяют сделать некоторые выводы, которые не претендуют на какую-либо категоричность.

Выводы:

1. Не исключено, что рамчатые карпы разных породных групп, генеалогически относящихся к европейскому подвиду сазана, обладают разными наборами генов модификаторов чешуйного покрова, способствующих, либо препятствующих закладке чешуи на поверхности тела гибридного разбросанного потомства.

2. Результаты исследования, проведённого с гибридными сеголетками, полученными в результате классического гетерозисного скрещивания евроазиатской направленности конкретных породных групп, достоверно показали наличие положительной линейной регрессии между обилием чешуи на поверхности тела и его массой, а также отрицательной линейной регрессии с индексом высокоспинности.

3. Вполне вероятно, что в подобного рода скрещиваниях погоня за малочешуйностью гибридного потомства путём использования черепетских «крупночешуйных» карпов с нестандартным чешуйным покровом будет сопровождаться ощутимой потерей показателей его продуктивности, в частности снижением темпов роста, или массонакопления.

Список использованных источников

1. Головинская К.А. Плейотропия генов чешуи у карпа. – ДАН СССР, 1940, т. 28, №6, с. 533-536.
2. Головинская К.А. О линейной форме культурного карпа. – ДАН СССР, 1946, т. 54, № 7, с. 637-640.
3. Зеленин А.М. Особенности роста чешуйчатых и зеркальных карпов при различных условиях выращивания. – Биологические ресурсы водоёмов Молдавии. Кишинев, 1974, вып. 12, с. 182-189.
4. Кирпичников В.С. Основные гены чешуи у карпа. – Биол. журн., 1937, т. 6, № 3, с. 601-602.
5. Кирпичников В.С. Влияние условий выращивания на жизнеспособность, скорость роста и морфологию карпов различного генотипа. – ДАН СССР, 1945, т. 47, № 7, с. 521-524.
6. Кирпичников В.С. Сравнительная характеристика четырех основных форм культурного карпа при их выращивании на Севере СССР. – Изв. ВНИОРХ, Л., 1948, т. 26, с. 145-170.
7. Кирпичников В.С. Методы проверки производителей по потомству в карповых хозяйствах. – Изв. ГосНИОРХ, Л., 1966, т. 61, с. 40-61.
8. Кирпичников В.С., Балкашина Е.И. Материалы по генетике и селекции карпа. 1-е сообщение. – Зоол. Журн., 1935, т. 14, № 1, с. 45-78.
9. Кирпичников В.С., Балкашина Е.И. Материалы по генетике и селекции карпа. 2-е сообщение. – Биол. журн. 1936, т. 5, № 2, с. 327-376.

10. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спец. вузов – 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
11. Мурашкин В.Б. Сравнительные производственные испытания карпов породы черепетский рамчатый и кросса F1 «Черепеть–Р» в тепловодном индустриальном хозяйстве АО «Черепетский рыбхоз». – Журн. «Рыбное хозяйство», 2016. №2, с. 67- 72.
12. Мурашкин В.Б., Зонова А.С. Комплекс пород и межпородных кроссов черепетских карпов, предназначенных для тепловодных хозяйств индустриального типа. - Сб. Породы карпа (*Cyprinus carpio* L.). М.: ФГНУ Росинформагротех, 2004. С. 343-396.
13. Цветкова Л.И. Сравнительные исследования сеголетков карпа четырех основных групп генотипов. 1. Характеристика роста сеголетков различных генотипов карпа в условиях отдельного и совместного выращивания. – Тр. ВНИИПРХ, 1974, т. 23, с. 36-41.
14. Чан Май-Тхиен. Изменчивость некоторых физиологических признаков у карпа различного генотипа. – В кн.: Генетика, селекция и гибридизация рыб. М., 1969, с. 117-123.
15. Lieder U. Die Bewertung der Beschuppung des Karpfen bei der Zuchtauslese. – Dtsch. Fish.-Ztg., 1957, № 4, S. 206-213.
16. Probst E. Vererbungsuntersuchungen beim Karpfen. – Allg. Fish.-Ztg., 1949, Bd 74, H.21, S. 436-443.
17. Probst E. Der Todesfaktor bei der Vererbung des Schuppenkleides der Karpfens. – Allg. Fish.- Ztg, 1950, Bd 75, H. 15, S. 369-370.
18. Probst E. Die Beschuppung des Karpfens. – In: Münchener Beiträge der Fluss und Abwasserbiol, München, 1953, Bd 1, S 150-227.
19. Rudzinski E. Über Kreuzungsversuche bei Karpfen. – Fish.- Ztg., 1928, № 30, S. 593-597; № 31, S. 613-618; № 32, S. 636-640.
20. Schäperclaus W. Lehrbuch der Teichwirtschaft. Zweite Aufl. Berlin; Hamburg, 1961, 582 S.