

Особенности роста и развития сеголеток II поколения семейной селекции породы форели «Ропшинская золотая» *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1972). Формирование племенной группы рыб

Канд. биол. наук
В. Я. Никандров –
 ведущий научный сотрудник;
 Канд. биол. наук
Н. И. Шиндавина –
 ведущий научный сотрудник;
М. И. Липатова –
 научный сотрудник;
А.А. Павлисов –
 научный сотрудник
 Федеральный селекционно-
 генетический центр
 рыбоводства «Ропша»
 (ФСГЦР филиал ФГБУ
 «Главрыбвод»), пос. Ропша,
 Ленинградская область,
 Россия

@ fsgzr.lo@yandex.ru

Ключевые слова:
 золотистая форель;
 окраска; рост;
 аномалии; селекция

Keywords:
 golden trout, coloration,
 growth, anomalies, selection

THE PECULIARITY OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF SECOND FAMILY GENERATION FINGERLINGS OF THE TROUT «ROPSHINSKAYA GOLD» *ONCORHYNCHUS MYKISS* (WALBAUM, 1972). FORMATION OF PEDIGREE FISH GROUP

Nikandrov V.Y., PhD, Shindavina N.I., PhD, Lipatova M.I., Pavlisov A.A. –
 Federal Selection and Genetic Center for Fish Culture «Ropsha», fsgzr.lo@yandex.ru

The fingerlings of second family generation were investigated. A progeny of three families from pair hybridization was compared by color, mass and morphology anomalies frequency. For every studied factor a significant difference was observed for both families and color morphs. Based on multifactor assessment, the fingerlings were selected to pedigree group.

ВВЕДЕНИЕ

Близкородственные скрещивания широко применяют в селекции для консолидации наследственных свойств животных, создания новых и совершенствования существующих пород, типов и линий.

Как правило, у большинства потомков первого поколения (F_1), проявляются доминантные признаки, в то время как рецессивные не исчезают, а только подавляются и находят в скрытом состоянии. Скрытый генетический потенциал обнаруживается во втором поколении разведения. При этом увеличивается диапазон изменчивости и выявляются ценные рецессивные признаки, что обеспечивает возможность разносторонней оценки

и отбора ценных форм с комплексом требуемых признаков. У рыб мутантных цветовых морф в потомстве F_2 наиболее полно раскрывается широкий спектр окрасивания особей, особенностей их роста и развития. Появляется возможность сопоставления темпа роста, особенностей развития и степени взаимосвязи этих признаков, как внутри каждой семьи, так и популяции в целом [1].

При разведении рыб мутантной окраски форм, большой научно-методический и практический интерес представляет разработка методов раннего отбора в племенные группы. Анализ выживаемости, роста и аномалий развития у различных цветовых морф позволяет обосновать критерии

оценки семей и отбора особей для формирования элитной племенной группы рыб и, тем самым, оптимизации рациональной численности племенного поголовья уже на ранних этапах селекции.

Цель нашей работы состояла в изучении особенностей окрашивания, роста и развития сеголеток II поколения семейного разведения форели «Ропшинская золотая» в качестве базовых предпосылок для селекции цветковых мутантных форм радужной форели.

Задачи исследования состояли в следующем:

- изучение морфемной структуры сеголеток;
- сравнительная оценка сеголеток разных семей по темпу роста, морфемной структуре и наличию аномалий;
- сравнительная оценка сеголеток разных морфем по темпу роста и частоте встречаемости аномалий;
- отбор сеголеток в племенную группу.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работу проводили в 2016-2017 гг. в селекционно-генетическом центре рыбоводства, расположенном в пос. Ропша Ленинградской области. Объект исследования – сеголетки трех семей форели золотистой окраски, потомки одной пары производителей I поколения семейной селекции [2].

Рыб выращивали в бассейнах УЗВ при температуре воды 13-15°C с соблюдением для каждой семьи одинаковых плотностей посадки, проточности, норм и режимов кормления.

По окраске рыб оценивали визуально. Поскольку оценка была субъективной, для ее проведения привлекали четырех операторов. Результат принимали большинством голосов. Распределение рыб по разным морфемам считали в общем стаде, численность которого составляла 7619 экземпляров.

При определении средней массы тела рыб и частоты встречаемости аномалий у сеголеток, принадлежащих разным семьям и разным морфемам, использовали произвольно взятые выборки рыб из каждой семьи. Сеголеток индивидуально взвешивали с точностью 0,1 г.

Для характеристики товарной ценности сеголеток использовали показатель ихтиомассы, который вычисляется произведением количества рыб на среднюю массу тела.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Характеристика сеголеток

Морфемная структура. У рыб, достигших средней массы тела около 40 г, наблюдались устойчи-

Исследовали сеголеток II поколения семейной селекции. Потомство трех семей, полученных методом парных скрещиваний, сравнивали по окраске, массе тела и частоте встречаемости аномалий в строении тела. Выявлены значительные различия по всем изученным признакам, как между семьями, так и между рыбами разных цветковых морфем. На основе совокупной оценки был проведен отбор сеголеток в племенную группу.

вые, хорошо заметные различия в окраске тела. Изучение разнообразия окрашивания показало, что рыб можно было условно разделить на две цветовые морфы: желтую и серую. Желтая морфа, которая являлась эталонной для породы, включала четыре морфемы, различающиеся по оттенкам и яркости окрашивания: золотисто-желтую (З-Ж); желтую (Ж); желто-коричневую (Ж-К) и желто-серую (Ж-С). Во всех морфах доминировал желтый цвет. Серая цветовая морфа была представлена особями чисто серой окраски (морфема С), и розово-серых рыб, которые характеризовались розоватым окрашиванием тела с оттенками серого цвета разной интенсивности (морфема Р-С).

Морфемный состав сеголеток общего стада и отдельно каждой семьи представлен в таблице 1. В целом стаде преобладали рыбы желтой морфы. В целом их количество составляло 74%. Среди них наиболее многочисленными были морфемы Ж и Ж-С: 27,0% и 25,2%, соответственно.

Между семьями были выявлены значительные различия по окраске сеголеток. Семья 7 отличалась наибольшей цветовой однородностью особей: численность рыб эталонной желтой морфы достигала 97%, в то время как в семьях 2 и 8 она составляла 67 и 57%, соответственно. В семье 8 отсутствовала морфема желто-коричневой окраски, и было наибольшее количество сеголеток серой морфы (32,8%). В каждой из семей от 22 до 40% особей отличались золотисто-желтым и желтым окрашиванием, что являлось надежной базой для дальнейшей селекции.

Во всех семьях отсутствовали особи природной расцветки.

Масса тела. Показатели средней массы тела сеголеток, принадлежащих разным семьям, приведены в таблице 2.

В общем стаде средняя масса тела рыб составляла 39,5±0,41 граммов. Таким значением характеризовалась семья 2, а семья 8 достоверно превосходила

Таблица 1. Частота встречаемости морфем в стаде и в отдельных семьях /

Table 1. The frequency of morphemes occurrence in the herd and in individual families

Морфы	Морфемы	Частота встречаемости морфем, %			
		Общее стадо n = 7619	Семьи		
			2 n = 2553	7 n = 2625	8 n = 2441
Желтая	З-Ж	5,5	4,7	10,4	0,9
	Ж	27,0	29,1	30,3	21,2
	Ж-К	16,4	17,0	31,2	-
	Ж-С	25,2	15,8	25,4	34,9
Серая	Р-С	18,7	23,6	0,8	32,8
	С	7,2	9,7	1,9	10,2

Таблица 2. Масса тела сеголеток разных семей / **Table 2.** Body weight of yearlings of different families

Семьи	n	Масса тела, г		
		min-max	M±m	CV,%
2	398	12-81	39,3±0,60	30,4
7	352	6-75	37,0±0,70	35,3
8	313	5-81	42,7±0,86	34,2

Таблица 3. Средняя масса тела и ихтиомасса сеголеток разных морфем / **Table 3.** Average body weight and ichthyomass of yearlings of different morphemes

Морфемы	Масса тела, г			Количество рыб в стаде, экз.	Ихтиомасса, кг	Доля от общей ихтиомассы, %
	min-max	M±m	CV,%			
З-Ж	11-69	37,5±1,26	35,2	417	15,6	5,1
Ж	6-72	38,2±0,81	32,6	2058	78,6	26,0
Ж-К	11-64	36,9±0,91	33,0	1252	46,2	15,3
Ж-С	5-81	42,2±0,86	32,2	1920	81,0	26,8
Р-С	13-81	43,2±0,80	31,6	1424	61,5	20,3
С	7-70	36,0±1,38	36,2	548	19,7	6,5

Таблица 4. Частота встречаемости аномалий в разных семьях / **Table 4.** The frequency of anomalies occurrence in different families

Аномалии развития	Частота встречаемости аномалий, %			
	Общее стадо	Семьи		
		2 n = 273	7 n = 238	8 n = 194
редукция жаберной крышки	7,1	9,9	5,0	5,7
деформация челюстного аппарата	23,4	25,6	21,0	23,2
мопсовидность	1,6	1,1	3,4	0,5
повреждение глаз	5,0	5,1	0,4	9,0
отсутствие плавника	3,4	4,4	0,8	9,5
деформация тела, карликовость	2,8	3,3	1,2	7,6
Общее количество аномалий	43,7	54,8	35,3	54,1

рыб семей 2 и 7 ($p < 0,01$ и $p < 0,001$, соответственно). Между семьями 2 и 7 различия также были достоверными ($p < 0,05$).

Для рыб всех семей была характерна высокая изменчивость по массе тела. Вариабельность признаков составляла более 30%, а различия минимальных и максимальных показателей роста достигали 7-кратных значений у рыб семьи 2 и 12-16-кратного уровня у особей семей 7 и 8, соответственно.

Взаимосвязь массы тела с окраской. Данные сравнительной оценки, представленные в таблице 3, показывают, что среди рыб маточного стада наиболее крупными являлись сеголетки розово-серой и желто-серой тональности. Сеголетки морфемы Р-С по средней массе тела достоверно превосходили рыб морфем З-Ж; Ж, Ж-К и С ($p < 0,001$). Особи морфемы Ж-С были крупнее рыб морфем Ж-К и С ($p < 0,001$), а так же и сеголеток З-Ж ($p < 0,05$).

Самыми крупными среди всех рыб были сеголетки двух морфем Ж-С и Р-С, они достоверно превосходили остальных по массе тела ($p < 0,01$). Остальные морфемы не имели достоверных различий между собой.

Сеголетки всех представленных морфем характеризовались существенным разнообразием по массе

тела: CV=31,6-36,2%, что может служить предпосылкой для проведения отбора желательных по окраске и крупных особей из любой цветовой морфы.

Благодаря высокой численности, основную часть ихтиомассы (73,2%) составляли сеголетки, входящие в элитную желтую морфу, что подтверждало их превосходство по товарной ценности над сеголетками серого окрашивания. Ихтиомасса особей эстетически привлекательной розово-серой морфемы составляла около 20% от общего количества рыб.

Аномалии развития. Анализ проявления визуально различимых аномалий, результаты которого представлены в таблице 4 показал, что они наблюдались почти у половины исследованных рыб (43,7%).

Наиболее распространенными были уродства в строении головы и ее частей. К ним следует отнести деформацию челюстного аппарата, самую многочисленную по частоте встречаемости (23,4%), а также мопсовидность, редукцию жаберной крышки и повреждение глаз. В целом нарушения в головном отделе были выявлены у 35,5% рыб в общем стаде, а в семьях 2, 7 и 8 их количество составляло 41,7, 29,8, 38,4%, соответственно. Существенно в меньшей степени наблюдали отсутствие плавника (3,4%), а также деформацию тела и карликовость (2,8%).

Межсемейные различия по количеству аномалий проявились в том, что наибольшее количество нарушений было выявлено в семьях 2 и 8: у 54,8% и 54,1% особей, соответственно, а в семье 7 количество аномальных рыб было почти в 1,5 раза меньше – 35,3%.

Данные о взаимосвязи окрашивания с частотой аномалий у рыб представлены в таблице 5.

Наибольшее количество отклонений от нормального развития было выявлено у сеголеток самой яркой морфемы золотисто-желтой окраски (61,6%) и менее яркой – розово-серой (42,2%). Значительно меньше нарушений встречалось среди особей морфем Ж и Ж-К, также принадлежащих к эталонной морфе.

Меньше всего аномалий наблюдали у рыб однородного серого цвета (21,7%). Если этот цвет сочетался с розовым (морфема Р-С), их количество возрастало до 37,2%.

Формирование племенной группы

Исходя из результатов совокупной оценки рыб по окраске, массе тела и наличию аномалий был проведен отбор сеголеток в племенную группу. На племя отбирали особей ярко-желтого и желтого цвета с оттенками разной интенсивности окрашивания, крупных по массе тела и без визуально заметных аномалий развития.

В каждой из трех семей была сформирована племенная группа рыб. Общая напряженность отбора составила 27,3%, при этом величины напряженности отбора в каждой семье различались несущественно, что подтверждается данными, приведенными ниже:

№ семьи	Количество рыб, экз.		Напряженность отбора, %
	До отбора	После отбора	
2	2537	717	28,2
7	2618	725	27,4
8	2415	624	25,8
Всего	7570	2066	27,3

В результате проведенного отбора сеголетки племенной группы по массе тела достоверно превосходили рыб маточного стада ($p \geq 0,001$), о чем свидетельствуют данные, приведенные ниже:

масса тела, г	племенная группа	общее стадо
min-max	36-81	5-81
$M \pm m$	$51,8 \pm 0,46$	$39,5 \pm 0,41$
CV, %	16,5	33,7

При этом селекционный дифференциал составил 31,1%. Возросла консолидация рыб по этому признаку: коэффициент вариации (CV, %) сократился почти в 2 раза.

Сеголетки, входящие в состав разных морфем, после отбора характеризовались близкими по значению показателями средней массы тела (табл. 6). Диапазон различий по массе тела показывает, что в каждой из оставленных в стаде эталонных морфем присутствовали особи крупных размеров, что создавало предпосылки для индивидуального или группового отбора наиболее крупных и ярких по окраске сеголеток.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В I поколении семейной селекции сеголетки семьи-продолжательницы рода были представлены всего лишь двумя морфемами элитной окраски: желтая и альбино-желтая, численностью 91,4%, а также незначительным количеством рыб серой морфы – около 8% [2]. У сеголеток II поколения, как и ожидалось, произошло закономерное увеличение цветового разнообразия желтых морф до 4 вариантов, а также появление новых розово-серых (Р-С) морфем среди серой морфы. Увеличение диапазона изменчивости типов окрашивания привело к тому, что в целом рыбы эталонной желтой морфы составляли 74,1% от количества рыб маточного стада, т.е. их численность оказалась на 20% ниже, чем у сеголеток – основателей стада. Среди трех исследуемых семей F_2 лишь только сеголетки семьи 7 отличались высокой степенью повторяемости желательного окрашивания, которое встречалось у 90,5% особей. В то же время, в каждой из семей наблюдался существенный (около 30%) уровень встречаемости сеголеток наиболее интенсивной золотисто-желтой и желтой окраски, что свидетельствует о значительной численности рыб-носителей требуемой генетической информации. Сеголетки розово-серой окраски не входили в состав элитной группы золотисто-го колера, однако эти рыбы, отличаясь эстетически

Таблица 5. Частота встречаемости аномалий в разных морфемах / **Table 5.** The frequency of anomalies occurrence in different morphemes

Аномалии развития	Частота встречаемости аномалий, %					
	Морфемы					
	3-Ж n = 39	Ж n = 190	Ж-К n = 115	Ж-С n = 178	Р-С n = 132	С n = 51
редукция жаберной крышки	10,3	6,3	8,7	2,8	6,1	2,0
отсутствие плавника	5,1	0,5	0,9	6,2	3,8	2,0
деформация челюстного аппарата	28,2	21,0	16,5	21,9	15,9	11,8
мопсовидность	7,7	1,6	0,9	1,7	0,8	-
повреждение глаз	2,6	2,1	0,9	6,2	7,6	5,9
искривления тела, карликовость	7,7	1,6	1,7	3,4	3,0	-
Общее количество аномалий	61,6	33,1	29,6	42,2	37,2	21,7

Таблица 6. Масса тела племенных сеголеток разных морфем /
Table 6. Body mass of breeding yearlings of different morphemes

Морфемы	Масса тела, г		
	min-max	M±m	CV,%
З-Ж	36-69	48,8±1,11	15,2
Ж	38-72	48,9±0,71	14,2
Ж-К	41-64	50,6±0,80	10,9
Ж-С	42-81	54,4±0,93	16,1

привлекательными розово-серыми оттенками перламутровой окраски, характеризовались высоким темпом роста, в связи с чем селекция таких цветовых форм представляет не только эстетическое, но и несомненное практическое значение. Таким образом, в популяции сеголеток II поколения семейной селекции имелся достаточный ресурс для дальнейшей селекции ярких золотистых морф из представителей всех семей.

При промышленном разведении цветовых морф к числу ведущих критериев селекционной оценки относится масса тела. Характерной чертой роста сеголеток всех исследуемых семей II поколения явилась высокая изменчивость массы тела. Поскольку рыб выращивали в одинаковых условиях, вариативность массы тела свидетельствовала о значительном уровне генетической неоднородности особей в мутантных семьях.

Изучение взаимосвязи весовых показателей с разнообразием цветовых морфем сеголеток показало, что наиболее крупными размерами отличались рыбы розово-серой и желто-серой тональности. В то же время результаты исследования изменчивости особей желательной золотисто-желтой и желтой окраски по массе тела указывали на присутствие в каждой из элитных морфем золотисто-желтого окрашивания особей крупных размеров. Их наличие создает предпосылки индивидуального или группового отбора наиболее ярких по окраске сеголеток для формирования элитных групп или перспективных семей.

У Ропшинской золотой форели множественное действие эффекта плейотропии вызвало появление различных аномалий в строении тела, в числе которых преобладали уродства в головном отделе: они составляли 37,1% среди общего количества аномалий (43,7%). Наиболее часто встречалась деформация челюстного аппарата (у 23,4%) и в меньшей степени – недоразвитие жаберной крышки и повреждение глаз: 7,1% и 5,0%, соответственно (см. табл. 4).

Интересно отметить, что у золотистой форели породы «Адлерская янтарная» при сравнительной оценке с радужной форелью природной окраски были выявлены статистически значимые различия в строении челюстного аппарата самцов [3]. Можно предположить, что, изменения в строении головы у рыб связаны с мутацией по окраске тела.

Мутационный эффект был выражен в разной степени, в зависимости от принадлежности рыб к разным морфемам. Количество деформаций оказалось наименьшим у некоторой части сеголеток эталонного окрашивания (З-Ж) и (Ж-К). У других рыб эталонной окраски: Ж и Ж-С; а также морфемы Р-С был выявлен существенно более высокий уровень встре-

чаемости дефектов развития. У рыб нежелательной серой окраски наблюдали наименьшую встречаемость деформаций.

Результаты сравнительной оценки семей по количеству аномалий свидетельствовал о влиянии сочетаемости семейных пар на развитие мутантного потомства. Совместное родительское влияние подтверждалось тем, что семьи различались по характеру и количеству выявленных деформаций.

Различия между семьями приобретали устойчивый характер во время достижения сеголетками массы тела 40-50 граммов. На этой стадии развития окраска рыб приобретала стабильный характер, что создавало возможность осуществления совокупной оценки по массе тела и цветовому разнообразию.

При формировании племенной группы отбирали крупных по массе тела сеголеток ярко-желтого и желтого с оттенками разной интенсивности окрашивания; без визуально заметных аномалий развития. В результате проведенного отбора, сеголетки племенной группы по массе тела достоверно превосходили рыб исходного стада. Общая напряженность отбора составила 27,3%. При этом сеголетки эталонного желтого окрашивания составили 74,1% от общего количества рыб.

Таким образом, полученные нами результаты свидетельствуют о возможности проведения комплексной оценки сеголеток золотистой форели, достигших средней массы тела 40-50 г по окраске, массе тела и аномалиям развития, что создает предпосылки для проведения раннего отбора рыб в целях формирования племенной группы.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Кирпичников В.С. Генетика и селекция рыб. – Л.: Наука – 1987. 520 с.
1. Kirpichnikov V.S. Genetika i selekciya ryb. – L.: Nauka – 1987. 520 p.
2. Никандров В.Я., Шиндавина Н.И., Голод В.М., Терентьева Е.Г. Характеристика первого поколения радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) желтой окраски, полученной в результате парных скрещиваний. – Рыбное хозяйство. – 2016. – №5. С.76-82.
2. Nikandrov V.YA., SHindavina N.I., Golod V.M., Terent'eva E.G. Harakteristika pervogo pokoleniya raduzhnoy foreli (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) zheltoj okraski, poluchennoj v rezul'tate parnykh skreshchivanij. – Rybnoe hoz'yajstvo. – 2016. – №5. pp.76-82.
3. Шиндавина Н.И., Никандров В.Я., Бабий В.А., Янковская В.А. Особенности фенотипа золотисто-желтой окраски у радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) // Рыбн. хоз-во. Сер. Актуальные научно-технические проблемы отрасли: Сб. статей. - ВНИЭРХ.-2002. С. 11-32.
3. SHindavina N.I., Nikandrov V.YA., Babij V.A., YAnkovskaya V.A. Osobennosti fenotipa zolotisto-zheltoj okraski u raduzhnoy foreli (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) // Rybn. hoz-vo. Ser. Aktual'nye nauchno-tekhnicheskie problemy otrasli: Sb. statej. - VNIERH.-2002. pp. 11-32.