

Сравнение морфометрических показателей у производителей радужной форели, выращиваемых в УЗВ

Аспирант **К.А. Молчанова**,
канд. биол. наук, профессор **Е.И. Хрусталеv** – Калининградский
государственный технический университет (ФГБОУ ВО «КГТУ»)

@ ksenia.elfimova@gmail.com; chrustaqua@rambler.ru

Ключевые слова: радужная форель, производители, УЗВ, морфометрические показатели, коэффициент упитанности



Радужная форель – один из наиболее популярных видов рыб, используемых в аквакультуре. Почти полтора века продолжается ее искусственное разведение. Цель настоящей работы – сравнение морфометрических показателей производителей двух последовательных генераций радужной форели, содержащихся в УЗВ и производителей форели, выращиваемых в садковых хозяйствах.

Радужная форель – один из наиболее пластичных видов рыб, используемых в аквакультуре. Почти за полтора века ее искусственного разведения в Европе было применено множество технологических приемов, предполагающих измененные условия выращивания. Одним из важных показателей, который проявляется при отклонении в условиях содержания, является время наступления половой зрелости [1]. Известно, что в естественных условиях радужная форель созревает на третьем-четвертом году жизни. Совершенствование в последние десятилетия технологии выращивания рыбы, направленное на поддержание стабильных условий и качества воды в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ), а также использование высококачественных кормов, привело к сдвигу созревания форели на более ранние сроки.

Очевидно, что более раннее наступление половой зрелости у самок увеличивает срок их использования, позволяет получать большее количество икры, что в целом повышает экономическую эффективность работы рыбоводных предприятий. С другой стороны, раннее созревание замедляет рост рыб, особенно, у самцов [2]. Высокая температура воды в течение всего периода выращивания, независимо от сезона года, оказывает существенное влияние на физиологическое состояние, приводит к изменению структуры обменных процессов, качественных и количественных признаков у рыб [3]. При этом изменчивость большинства признаков является ответной реакцией популяции на те, или иные факторы внешней среды и носит приспособительный характер [4].

Цель настоящей работы – сравнение морфометрических показателей производителей двух последовательных генераций радужной форели, содержащихся



Рисунок 1. УЗВ КМП Аква



Рисунок 2. УЗВ Балтптицепром

в УЗВ и производителей форели, выращиваемых в садковых хозяйствах.

Исходным материалом для формирования ремонтно-маточного стада второй генерации форели явились половые продукты и личинки, полученные от производителей первой генерации, выращенных в УЗВ. Потомство второй генерации форели было

Таблица 1. Морфометрические показатели производителей радужной форели, выращиваемых в УЗВ

Показатели	2 генерация (2014 г)		3 генерация (2016)		Достоверность различий	
	самцы	самки	самцы	самки	самцы	самки
Пластические признаки						
Масса, г	1824,3±140,1	1964,5±125,9	1679,5±86,3	2540,5±86,9	не дост	p≤0,01
Длина, см:	43,4±1,0	46,1±1,5	47,9±0,8	52,6±0,4	p<0,01	p<0,001
- длина без С	39,8±0,85	41,5±1,6	44,0±0,7	47,9±0,4	p<0,01	p<0,01
- длина туловища	28,2±0,6	32,1±2,1	32,4±0,8	36,7±0,6	p<0,001	не дост
- длина рыла	5,0±0,2	4,2±0,3	4,5±0,15	3,8±0,1	не дост	не дост
- длина головы	12,5±0,5	11,2±0,6	11,7±0,4	11,3±0,3	не дост	не дост
Высота головы у затылка, см	10,7±0,4	10,1±0,8	13,4±0,3	14,7±0,2	p≤0,001	p≤0,001
Наибольшая высота тела, см	17,0±0,6	16,8±0,9	16,4±0,3	18,7±0,3	не дост	не дост
Наименьшая высота тела, см	5,1±0,3	5,4±0,2	5,7±0,1	6,4±0,1	не дост	p<0,001
Длина хвостового стебля, см	5,7±0,4	5,0±0,5	7,3±0,3	8,3±0,1	p<0,001	p<0,001
Наибольший обхват тела, см	34,2±1,3	32,8±1,7	31,5±0,5	35,8±0,5	не дост	не дост
Наименьший обхват тела, см	10,8±0,6	12,0±0,6	11,4±0,2	12,5±0,2	не дост	не дост
Индексы тела						
Коэффициент упитанности	2,9±0,09	2,8±0,38	1,5±0,03	1,7±0,06	p≤0,001	p<0,05
Индекс прогонистости	2,6±0,07	2,8±0,2	2,9±0,03	2,8±0,04	p≤0,001	не дост
Индекс головы, %	28,6±0,6	24,3±1,5	24,4±0,8	21,5±0,55	p≤0,001	не дост
Индекс обхвата, %	78,4±1,8	71,4±4,2	65,7±0,5	68,12±1,0	p≤0,001	не дост

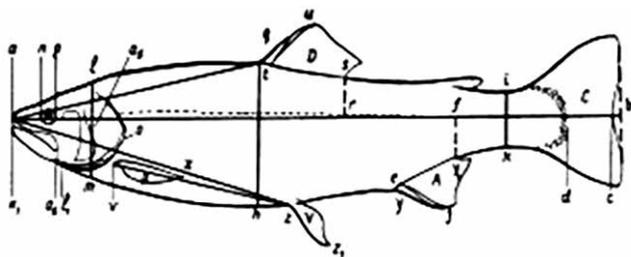


Рисунок 3. Схема измерений радужной форели (по И.Ф. Правдину 1966): ab – длина всей рыбы; ad – длина бес С; od – длина туловища; ap – длина рыла; pr - диаметр глаза (горизонтальный); ao – длина головы; ро – заглазничный отдел головы; Im – высота головы у затылка; qh – наибольшая высота тела; ik – наименьшая высота тела

получено в феврале 2013 г. в рыбноводном цехе ООО «КМП Аква» (рис. 1). В июле 2013 г. ее перевезли в УЗВ рыбноводного цеха ООО «ТПК Балтптицепром» (рис. 2). Третья генерация потомства форели была получена от производителей второй генерации в марте 2015 года.

Плотность посадки мальков форели, в установках с объемом циркулирующей воды 1 м³, была 1000 шт/ м³; по достижении молодью массы 20-30 г в бассейнах с объемом 3 м³ – 50 шт/м³; по достижении молодью массы 100 г в бассейне объемом 7 м³ – 40 шт/ м³. Плотность посадки производителей в бассейнах составляла 25 шт/м³. Рыбу на всех этапах выращивания кормили стартовым, продукционным кормом и кормом для производителей, производимым датской фирмой Aller Aqua. Производители второй генерации, когда у них созрели половые продукты, исследовали в декабре 2014 г., третьей генерации – в декабре 2016 года.

Анализ морфометрических показателей выполняли по схеме И.Ф. Правдина (1966), путем измерений различных структур тела рыб [5]. Оценку самок и сам-

цов форели проводили по морфометрическим признакам, указанным на рис. 3. Пластические признаки анализировали в системе индексов. По данным измерений и взвешиваний рассчитывали селекционные индексы: коэффициент упитанности (Ku=100 P/L), относительную длину головы (C/L, %), относительную высоту тела или индекс прогонистости (H/L, %) и индекс обхвата тела или компактности (O/L, %), а также другие показатели, указанные в табл. 1.

Статистическая обработка проведена с расчетом среднего значения (X), стандартного отклонения (σ), ошибки средней (mX), коэффициента вариации (CV) [6]. При сравнительной оценке производителей двух генераций применяли критерий Стьюдента, при оценке связей признаков – выборочный коэффициент корреляций [7].

Как известно, прирост массы сопровождается изменением линейных параметров тела. Наиболее тесная взаимосвязь отмечается между массой и длиной тела: с массой рыб коррелируют высота и толщина тела, а также длина головы [8; 9]. Абсолютные показатели пластических признаков меняются с ростом и возрастом рыб. Для того чтобы сравнивать особей между собой, используют относительные показатели – индексы тела.

Сравниваемые генерации рыб оказались разными по некоторым показателям пропорций тела (табл. 1). Самки третьей генерации имели более высокие средние значения высоты головы у затылка, наименьшую высоту тела, длину хвостового стебля (p<0,001) по сравнению с самками второй генерации. Также достоверные различия у самок были обнаружены по массе (p<0,01) и длинам тела (p<0,001).

У самцов достоверные различия были обнаружены как по некоторым пластическим признакам: длине туловища, высоты головы у затылка и длине хвостового стебля (p<0,001), так и по относитель-

ным величинам: индексу прогонистости, головы и обхвата ($p < 0,001$).

Достоверные различия были по коэффициенту упитанности как у самок ($p < 0,05$), так и у самцов ($p < 0,001$).

Диапазон колебаний коэффициентов вариации всех морфометрических признаков у производителей обеих генераций радужной форели свидетельствует об определенной изменчивости признаков. По каждому признаку отдельно и в целом по выборке в наших исследованиях коэффициент вариации не превышал 23%.

Разнообразие самок по пластическим признакам тела было на низком уровне (у второй генерации $CV = 5,8-9,1\%$, у третьей $CV = 3,2-5,4\%$). Вариабельность по индексам тела у самок третьей генерации была также незначительной ($CV = 5,4-9,9\%$). У самок второй генерации вариабельность в выборке средняя ($CV = 10,7-13,3\%$).

Средняя масса тела самцов третьей генерации была несколько ниже, чем во второй. Тем не менее, темп роста самцов был достаточно высоким в обеих генерациях, изменчивость рыб по массе тела в третьей генерации снизилась по сравнению со второй (с 23 до 16,2%). Уменьшилась также и вариабельность пластических признаков тела (с $CV = 6,4-10,6\%$ до $CV = 5,0-5,9\%$). Различие самцов третьей генерации по индексам тела отличалось умеренным уровнем ($CV = 2,6-10,7\%$). У их родителей (вторая генерация) вариабельность изученных индексов была незначительна ($CV = 6,0-9,4\%$).

Среди индексов тела наибольшей вариабельностью характеризовался индекс упитанности у самок второй генерации: $CV = 23,5\%$. У самок третьей генерации этот показатель несколько снизился до $CV = 13,6\%$. Изменчивость самцов по этому признаку была не-



Рисунок 4. Деформация хвостового стебля у производителей форели 2014 года

сколько ниже и к следующему поколению снизилась с $CV = 9,5\%$ до $CV = 5,5\%$.

У некоторых особей второй генерации встречалось заметное укорачивание хвостового стебля и плавника (рис. 4).

Производители же третьей генерации имели более вытянутую форму тела и не имели таких заметных дефектов хвостового стебля по сравнению с производителями второй генерации (рис. 5, 6).

Анализируя взаимосвязи исследуемых признаков у самок радужной форели 2016 г., следует отметить устойчиво высокий уровень корреляций (прямой) массы и длины тела с пластическими признаками, а также с экстерьерными признаками между собой ($r = 0,99$). У самок 2014 г. прямая и сильная зависимость между признаками была обнаружена только между длиной тела и длиной туловища ($r = 0,99$). Достаточно высокий уровень корреляции был выявлен при исследовании длины и наибольшей высоты тела самок ($r = 0,75$), но эта зависимость была отрицательной. Средняя и отрицательная взаимосвязь была между длиной и наименьшей высотой тела ($r = 0,4$). Все остальные исследованные признаки имели обратные связи и достаточно слабый уровень корреляций ($r = 0,1-0,15$).

У самцов форели третьей генерации выявлены взаимосвязи по всем достоверным признакам.

Таблица 2. Морфометрические показатели производителей радужной форели, выращиваемых в разнотипных хозяйствах, %

Показатели	Садковое х-во*		2 генерация**		CV**		3 генерация**		CV**	
	♂	♀	♀	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Масса, г	1516,0 ± 51,25	2175,6 ± 93,74	1824,3 ± 140,1	1964,5 ± 125,9	23,04	11,10	1679,5 ± 86,3	2540,5 ± 86,9	16,25	13,24
Длина, см	45,3 ± 0,34	50,9 ± 0,55	43,4 ± 1,0	46,1 ± 1,5	7,14	5,81	47,9 ± 0,8	52,6 ± 0,4	5,00	3,18
Длина без С	93,53	93,82	91,70	90,02	6,39	6,71	91,86	91,06	5,24	3,21
Длина головы	21,51	19,53	28,80	24,29	10,75	9,32	24,46	21,48	10,72	9,57
Высота головы у затылка	18,34	17,71	24,65	21,90	11,53	13,75	27,90	27,95	6,51	5,58
Длина рыла	8,07	6,58	11,52	9,11	12,62	13,86	9,39	7,22	10,27	10,96
Диаметр глаза	4,35	3,81	2,68	2,50	5,09	8,70	2,69	2,51	7,71	5,12
Длина тела (туловища)	72,10	74,03	64,97	69,63	5,81	11,51	67,64	69,77	8,24	5,59
Наибольшая высота тела	30,29	28,90	39,17	36,44	10,63	9,07	34,24	35,55	5,92	5,36
Наименьшая высота тела	9,99	10,39	11,75	11,71	18,39	6,68	11,89	12,17	4,56	7,67
Длина хвостового стебля	15,49	15,69	13,13	10,85	21,82	17,78	15,24	15,78	11,88	5,86
Наибольший обхват тела	70,69	68,64	78,80	71,15	10,66	8,92	65,76	68,06	5,55	5,06
Наименьший обхват тела	25,14	25,74	24,88	26,03	15,43	8,33	23,79	23,76	5,67	5,49
Коэффициент упитанности	1,62 ± 0,02	1,63 ± 0,02	2,9 ± 0,1	2,8 ± 0,4	8,32	23,49	1,5 ± 0,03	1,7 ± 0,06	5,49	13,61

Примечания: * садковое хозяйство [10] ** УЗВ ООО «ТПК Балптицепром» (наши данные)



Рисунок 5. Производители форели 2014 г. (слева направо: самец и самка)



Рисунок 6. Производители форели 2016 г. (третья генерация)

Взаимозависимость между массой и размерами тела, длиной тела с экстерьерными признаками были прямыми и сильными ($r = 0,77-0,92$). Отрицательная слабая зависимость была обнаружена только между длиной тела и длиной головы самцов ($r = 0,1$). Прямые и сильные взаимосвязи у самцов 2014 г. были между массой и длиной тела ($r = 0,75-0,96$). Между длиной и наибольшей высотой тела, а также высотой головы были обнаружены прямые и значительные взаимосвязи ($r = 0,6-0,67$). Связь между длиной тела и длиной хвостового стебля у самцов третьей генерации вообще отсутствовала.

Также нами было проведено сравнение двух генераций производителей форели в возрасте 1+ лет (двухлетков), выращиваемых в УЗВ, с производителями форели, выращиваемыми в садковом хозяйстве (табл.2).

Данное сравнение было проведено, так как исходным материалом для формирования ремонтно-маточного стада второй генерации форели в УЗВ были половые продукты и личинки, полученные от производителей первой генерации, выращенных из сеголетков форели, завезённых в 2012 г. из форелевого садкового хозяйства «Прибрежное» [11]. В садковом хозяйстве производители форели были в возрасте трехлетков (самцы) и четырехлетков (самки), так как в этом возрасте форель начинает впервые созревать при выращивании в водоеме с естественной термикой воды [10].

Как видно по данным табл. 2, сравниваемые нами показатели были более близкими у производителей третьей генерации, выращиваемых в УЗВ, к производителям форели, выращиваемым в садковом хозяй-

стве. Самые близкие значения были отмечены по длине хвостового стебля. Изменчивость данного показателя у второй генерации составила $CV=21,82-17,78\%$ (♂-♀), у третьей генерации – $CV=11,88-5,86\%$, соответственно.

У самцов и самок форели третьей генерации, было обнаружено уменьшение наименьшего и наибольшего обхватов тела, по сравнению со всеми сравниваемыми группами рыб, и, наоборот, увеличение высоты головы у затылка и наименьшей высоты тела.

Таким образом, производители обеих генераций имели различия, как по пластическим признакам, так и по индексам тела. Изменчивость признаков в среднем по всем показателям была на умеренном уровне и, в целом по выборке коэффициент вариации не превышал 23%.

У производителей форели в 2014 г. отмечали увеличение высоты тела и, соответственно, пластических признаков, связанных с этим показателем (высота головы у затылка, максимальный обхват тела), а также укорачивание длины хвостового стебля.

Анализ полученных результатов указывает на то, что новые условия выращивания форели в УЗВ приводят к модификационной изменчивости в поколении потомства, достигшего возраста половозрелости и полученного от производителей первой генерации. В условиях дальнейшей доместикации, уже в следующем поколении производителей форели происходят новые изменения в фенотипе и экстерьер рыб возвращается к установленным у производителей, выращиваемых в садковом хозяйстве.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Голод В.М., Терентьева Е.Г. Ропшинская форель // Породы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* W.). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. 316 с.
2. Голод В.М. Задачи и пути селекционной работы с радужной форелью в тепловодном рыбководстве // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ, 1988. – Вып. 274. С 82-89.
3. Лав М.Р. Химическая биология рыб. – М.: Пищевая пром-сть, 1976. 349 с.
4. Никольский Г.В. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. 184 с.
5. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая пром-сть, 1966. 96 с.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
7. Рокицкий П.Ф. Введение в статистическую генетику. – Минск, 1974. 448 с.
8. Никандров В.Я. Взаимосвязь морфобиологических признаков у самцов радужной форели // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ, 1981. С. 20-23.
9. Слуцкий Е.С. Генотипическая изменчивость рыб (селекционный аспект) // Изв. ГосНИОРХ, 1978. – Т. 134. 133 с.
10. Хрусталёв Евгений Иванович. Рыбоводно-биологические особенности выращивания радужной форели в солоноватых водах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М: ВНИИПРХ, 1986. – 24 с.
11. Молчанова К.А., Хрусталев Е.И. Особенности выращивания ремонтного поголовья радужной форели второй генерации в установке замкнутого водоснабжения // Калининград: Известия КГТУ, 2015 г. - №36. С. 23-30.



COMPARISON OF CWF-GROWN RAINBOW TROUT MORPHOMETRIC INDICATORS

Molchanova K.A., postgraduate, **Khrustalyov E.I.** PhD, Professor – Kaliningrad State Technical University, ksenia.elfimova@gmail.com; chrustaqu@rambler.ru

Rainbow trout is one of the most widespread aquacultural species, being cultivated for more than 150 years. The paper compares morphometric indicators of two sequential generations of rainbow trout breeders reared in closed water-supply facilities and fish farms.

Keywords: rainbow trout, breeders, CWF, morphometric indicators, coefficient of fatness