

ПОДБОР ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И УЧЕТ РОСТО-ВЕСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ
НОВОЙ СЕЛЕКЦИОННОЙ ФОРМЫ – ЗОЛОТАЯ ФОРЕЛЬ

Научная статья

Терлецкий В.П.^{1,*}, Тыщенко В.И.², Щербаков Ю.С.³

¹ ORCID : 0000-0003-4043-3823;

² ORCID : 0000-0003-4964-9938;

³ ORCID : 0000-0001-6434-6287;

^{1, 2, 3} ВНИИГРЖ, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (valeriter[at]mail.ru)

Аннотация

В статье затрагиваются вопросы создания базы данных по росто-весовым характеристикам производителей и их потомства у радужной форели. Работа проводилась с использованием новой селекционной формы – ропшинская золотая форель. Были подобраны 17 пар производителей, от которых получили потомство, выборки по 50 особей из потомства каждой пары бонитировали ежемесячно на протяжении 6 месяцев с занесением данных в таблицы *Excel*. Учет у самцов (возраст 4 года), самок (возраст 2 года) и потомства велся по многим селекционно-значимым параметрам. Отмечена высокая вариабельность признаков между особями, что является характерным признаком радужной форели. Созданная база является основой для выявления связей между фенотипическими признаками у потомков и генотипами родителей, выявляемая путем секвенирования участков двух генов – *BMP-2* и *LCORL*. Работа в этой части будет проведена в предстоящие годы.

Ключевые слова: радужная форель, росто-весовые характеристики.

SELECTION OF BROOD FISH AND ACCOUNTING OF HEIGHT AND WEIGHT PARAMETERS IN RAINBOW
TROUT OF A NEW BREEDING FORM - GOLDEN TROUT

Research article

Terletskiy V.P.^{1,*}, Tyshchenko V.I.², Shcherbakov Y.S.³

¹ ORCID : 0000-0003-4043-3823;

² ORCID : 0000-0003-4964-9938;

³ ORCID : 0000-0001-6434-6287;

^{1, 2, 3} RRIFAGB, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (valeriter[at]mail.ru)

Abstract

The article addresses the issues of creating a database on the height and weight parameters of brood fish and their offspring in rainbow trout. The work was carried out with a new selection form, the Ropshin golden trout. 17 pairs of brood fish were selected from which offspring was offspring, and 50 specimens from offspring of each pair were sampled monthly during 6 months with data entry in Excel spreadsheets. Males (age 4 years), females (age 2 years) and offspring were counted in accordance with many breeding-relevant parameters. A high variability of traits between specimens was observed, which is a characteristic trait of rainbow trout. The database created is the basis for identifying links between phenotypic traits in offspring and parental genotypes, identified by sequenation of two genes, *BMP-2* and *LCORL*. The work in this part will be carried out in the coming years.

Keywords: rainbow trout, height and weight parameters.

Введение

Семейство лососевых рыб является одним из самых известных и экономически важных видов рыб в мире. Мясо лососевых является важным питательным пищевым продуктом для потребления человеком [1]. Аквакультура вносит значительный вклад в продовольственную и экономическую безопасность во многих странах [2], а также является предметом генетических исследований [3], [4]. Интерес представляет новое селекционное достижение – Ропшинская золотая форель, характеризующаяся привлекательной окраской чешуйчатого покрова [5].

В последние годы особое внимание уделяется исследованию генома как ключевого фактора к пониманию функционирования клеток животных, растений и бактерий. Используется целый ряд методических подходов к расшифровке структуры генома, такие как изучение распределения микросателлитных ДНК в геноме [6], полиморфизм рестрикционных фрагментов ДНК [7] и секвенирование целого генома либо отдельных его участков [8]. Секвенирование генома атлантического лосося сыграло ключевую роль в понимании эволюционных и функциональных последствий, возникающих из-за наследственной дупликации целого генома, характерного для всех представителей семейства *Salmonidae*. Первым представителем семейства, высококачественная сборка генома которого была опубликована в 2016 году, был атлантический лосось (*Salmo salar*). Высокопроизводительное секвенирование изменило подход к изучению генетики лосося, в частности, упростило создание наборов маркеров. Генами, влияющими на рост и увеличение мышечной массы, являются *LCORL* и *BMP-2* [9]. В хромосоме 24 расположен ген костного морфогенетического белка 2 (*BMP-2*), связанный с действием факторов роста, который играет роль в развитии тканей скелетных мышц. Известно, что ген проявляет максимальную экспрессию в мышцах рыб семейства карповых. Полиморфизмы в этом гене связывают с формированием костей и размером скелета.

Большинство животных несет одну копию гена *BMP-2*, в то же время костистые рыбы имеет две копии [10]. Ген *LCORL* у животных и рыб мало изучен. Этот ген кодирует лиганд-зависимый ядерный рецепторный корепсореподобный белок и является транскрипционным фактором. *LCORL* влияет не только на рост мышечной ткани у взрослой особи, но и на развитие мышц и скелета в эмбриогенезе.

Для выявления ассоциаций между полиморфными вариантами указанных генов и продуктивными характеристиками рыб необходимо создать базу данных, содержащую сведения о производителях и их потомках. Обобщение этих данных и сведение результатов бонитировки в базу данных явилось целью данной работы.

Методы и принципы исследования

Объект исследования. Сбор биологического материала проводился на базе Федерального Селекционно-генетического центра рыбоводства, который расположен в поселке Ропша, Ленинградская область. Объектом исследования была популяция радужной форели породы ропшинская золотая. Для индивидуальной закладки икры на инкубацию были подобраны 17 пар производителей, количество изученных потомков составляло по 50 особей от каждой пары производителей (из 17 пар производителей потомство изучали от восьми пар). Самки были в возрасте четырех лет, а самцы в возрасте двух лет. Список сочетаний самок и самцов, от которых изначально планировалось получить потомство, представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Схема пар производителей

№ Самки	№ Самца (Пробирки)	№ Рамки
283	1	48
281	2	50
280	3	5x2
284	4	41
285	5	101
286	6	47
287	7	40
288	8	49
290	9	4x2
289	10	100
294	11	11
297	12	60
293	13	12
298	14	59
292	15	53
295	16	23
300	20	24

Учет размерно-весовых показателей.

От производителей во время бонитировки были взяты образцы биологического материала (кусочек ткани), который был зафиксирован в 96% спирте. Для закладки на инкубацию от самок было отобрано по 100 грамм икры. Осеменение производилось сухим методом. Далее икра была заложена в инкубационные аппараты. В процессе инкубации погибшая икра выбраковывалась. За время инкубации в двух семьях количество погибшей икры достигло 100%. Средняя температура инкубации составляла 9 °С. В процессе вылупления личинок и инкубационных рамок удалялась оболочка икры для избежания образования сапролегнии. К моменту перехода личинки на активное внешнее питание в 10 семьях из 18 оставшихся отход составил 100%. С мальков от каждой семьи снимались метрические показатели (масса, длина по Смитсу, длина до конца чешуйчатого покрова, длина головы, высота и толщина тела), с интервалом в месяц в течении полугодия, для контроля роста и развития. При помощи мерной доски с самок были сняты размерно-весовые показатели (масса, длина по Смитсу, длина до конца чешуйчатого покрова, длина головы, высота и толщина тела), а также репродуктивные показатели (вес икры, полученный от самки, масса одной икринки, количество икры в 5 граммах) на нерестовой бонитировке.

С самцов были взяты масса тела, длина по Смитсу, объем эякулята, подвижность спермы (сек/%). От производителей во время бонитировки были взяты образцы биологического материала (кусочек ткани), который был зафиксирован в 96% спирте. Для закладки на инкубацию от самок было отобрано по 100 грамм икры. Осеменение производилось сухим методом. Далее икра была заложена в инкубационные аппараты. В процессе инкубации погибшая икра выбраковывалась. За время инкубации в двух семьях количество погибшей икры достигло 100%. Средняя температура инкубации составляла 9°С. В процессе вылупления личинок из инкубационных рамок удалялась оболочка икры для избежания образования сапролегнии. К моменту перехода личинки на активное внешнее питание в 10 семьях из 18 оставшихся отход составил 100%. С мальков от каждой семьи снимались метрические показатели (масса, длина по Смитсу, длина до конца чешуйчатого покрова, длина головы, высота и толщина тела), с интервалом в месяц в течении полугодия, для контроля роста и развития. Выделение геномной ДНК производителей проводилась

фенольным методом в лаборатории. Были подобраны праймеры к дублированному гену *BMP-2* (костный морфогенетический белок 2) на 4 и 24 хромосоме.

Проведение ПЦР

Дизайн ПЦР праймеров, специфичных для определенных участков генов *BMP-2* и *LCORL*, проводили по онлайн программе Primer 3 Plus (см. таблицы 2 и 3). Последовательности нуклеотидов указанных генов (один экзон и два интрона) были найдены в литературе и взяты из доступной базы данных GenBank и NCBI.

Аmplификацию методом ПЦР на амплификаторе ThermalCycler T100 (Bio-Rad, США) в следующем режиме: 95°C – 4 мин., 40 циклов 95°C – 20 сек., 60°C – 20 сек., 72°C – 20 сек. и финальная элонгация 72°C – 4 минуты. ПЦР-продукт проверяли на электрофорезе в 2,0% агарозном геле в буфере 0,5xTBE.

В дальнейшей работе, полученные амплификаты будут секвенироваться на предмет выявления однонуклеотидных полиморфизмов в генах *BMP-2* и *LCORL*.

Таблица 2 - Праймеры, подобранные для амплификации участка экзона 1 и интронов 1 и 2 гена *BMP-2* (4-я хромосома)

Название	Праймеры	Температура отжига
BMP-2_1_EX	F - GGGGAAGAGAAGGCACCAATC R - GGTTCGTATCCTGGCCATATGTA	60°C
BMP-2_1_IN	F -CTGCGAGCCCCTTGAAGTAA R -CCTCCCAGCAACACCTGAG	60°C
BMP-2_2_IN	F' -TTTTTCCAGACACGCACCAC R' - AGCACTGTAATGTAGTGCCCA	60°C

Таблица 3 - Праймеры, подобранные для амплификации экзонных участков гена *BMP-2* (24 хромосома)

Название	Праймеры	Температура отжига
1BMP2_24	F - TACTCGGAGGTGCTTTTCGG R - AAGCGTTCGGTTTCCTCTTCT	60°C
2BMP2_24	F -TTCCCATACCGGCATCCAC R - GAGAACCTCTGACACTGCCC	60°C
3BMP2_24	F' -TGTCATCCTGTCCCAGAGA R' -GGTCCCCATCTCCTTCAACG	60°C

Основные результаты

Все изученные размерно-весовые характеристики производителей были сведены в таблицы (см. таблицы 4 и 5). Промеры потомков измеряли каждый месяц в течение полугода, полные данные содержатся в базе данных в *Excel*. Наблюдалась выраженная вариация по всем признакам, что является характерным как для индивидуальных особей-производителей, так и для растущего потомства радужной форели.

Таблица 4 - Характеристика самцов ропшинской золотой форели

№ п/п	вес г.	длина по Смиту см.	№ проб-ки	объем эякулята мл.	подвижность сек/%	№ ген. пробы	№ самки (Бонитировочный номер)
1	585	34,2	1	7	34/100	1	283
2	680	36	2	3,2	28/100	2	281
3	430	29,7	3	3,4	32/100	3	280
4	595	34,3	4	3,4	25/100	4	284
5	895	39,6	5	6,8	27/100	5	285
6	665	36,4	6	5,5	28/100	6	286
7	540	33,3	7	6,2	23/100	7	287
8	390	29,1	8	6	25/100	8	288
9	600	34	10	6,6	23/100	9	290
10	515	33,8	12	3,4	27/100	10	289

11	560	33,1	13	5,8	28/100	11	294
12	925	38	14	4,4	25/100	12	297
13	850	39,5	15	4	23/100	13	293
14	645	36,5	16	3,1	27/100	14	298
15	580	34,3	17	4	28/100	15	292
16	675	35,1	19	15	28/100	16	295
17	590	33,7	20	3,2	27/100	20	300
Среднее	620	34,595		5,25	26,7		
Ошибка средней	31,02842	0,600		0,602	0,637		
Медиана	592,5	34,25		4,8	27		
Мода	#Н/Д	34,3		3,4	28		
Стандартное отклонение	138,7633	2,684		2,694	2,848		
Дисперсия выборки	19255,26	7,208		7,257	8,116		
Экссесс	0,711497	0,496		9,066	1,306		
Асимметричность	0,83618	-0,0218		2,616	0,838		
Интервал	535	10,5		12,2	11		
Минимум	390	29,1		2,8	23		
Максимум	925	39,6		15	34		
Сумма	12400	691,9		105	534		
Счет	17	17		17	17		

Таблица 5 - Характеристика самок ропшинской золотой форели

№ самки	Масса рыбы, г.	Длина см. тела по Смиту	Длина чешуйчатого покрова	Головы	Высота тела, см.	Толщина на тела, см.	Масса икры, г.	Кол-во икринок в 5 г., шт.	Масса 1 икринки, мг.
280	2290	49	44,2	8,9	15,1	6,8	216	89	56
281	3265	56,5	51,9	10,5	16,8	7,2	332	92	54
283	3410	65	51,1	10,5	17,5	7,8	394	83	60
284	2850	52,9	48,1	11,1	16,5	7,7	380	89	56
285	3390	54,1	50	10,1	16,1	7,6	398	90	56
286	3610	59,9	55,2	11,4	17,5	7,2	316	82	61
287	3530	56,9	52,2	10,7	17,2	7,9	346	89	56
288	3650	56,2	51,9	10,4	17,1	8,1	388	81	62
289	3590	53	48,2	10,3	18	8,2	296	90	56
290	3055	54,8	52	10,5	17,2	6,8	368	99	51
292	3655	56,4	55,5	11,4	18,1	7,8	312	108	49
293	3400	55,2	50,6	11,7	17	7,6	320	81	62
294	3775	60,9	56,6	11,8	17,2	7,8	372	74	68
295	3800	60	55,7	11,4	17	8	378	86	58
297	3565	53,1	49,1	9,7	15,1	6,8	298	103	49
298	4440	60,9	56,1	11,4	18,1	8,1	378	87	57
300	3150	53,2	51,1	10,8	17,7	7,6	450	89	56
Среднее	3418	56,46	51,885	10,76	17,02	7,53	342,3	88,35	57,8

Стандартная ошибка	109,774	0,897	0,787	0,164	0,200	0,109	12,368	1,878	1,135	
Медиана	3470	56,3	51,9	10,75	17,15	7,65	351	89	56,5	
Мода	#Н/Д	60,9	51,9	11,4	17,2	7,8	378	89	56	
Стандартное отклонение	490,926	4,010	3,519	0,734	0,897	0,486	55,312	8,400	5,074	
Дисперсия выборки	241008,947	16,085	12,383	0,539	0,805	0,236	3059,484	70,555	25,747	
Эксцесс	1,042	-0,314	-0,328	0,559	0,359	-1,090	0,389	0,589	-0,133	
Асимметричность	0,434	0,286	-0,218	-0,746	-0,850	-0,500	-0,459	0,607	0,084	
Интервал	2150	16	13,5	2,9	3,1	1,5	234	34	19	
Минимум	2290	49	44,2	8,9	15,1	6,7	216	74	49	
Максимум	4440	65	57,7	11,8	18,2	8,2	450	108	68	
Сумма	68360	1129,2	1037,7	215,2	340,4	150,6	6846	1767	1156	
Счет	17	17	17	17	17	17	17	17	17	

Выборочные данные по размерно-весовым характеристикам, касающиеся первых четырех пар производителей, в качестве примера, представлены в таблице 6. Это данные, включающие последнюю бонитировку от 10.09.2021 (см. таблицу 6).

Таблица 6 - Размерно-весовые показатели потомков за 6 месяцев от 4-х пар производителей ропшинской золотой форели

Размерно-весовые показатели потомков	♀ - ♂	♀ - ♂	♀ - ♂	♀ - ♂
	284 - 4	286 - 6	288 - 8	290 - 9
Масса тела 30 дней	0,15±0,00	0,19±0,02	0,18±0,02	0,17±0,02
Масса тела 60 дней	2,03±0,32	2,26±0,36	2,21±0,33	2,03±0,38
Масса тела 90 дней	7,17±2,02	8,67±2,9	8,38±2,41	7,89±2,42
Масса тела 120 дней	10,76±3,37	12,09±3,81	11,77±3,86	10,99±2,96
Масса тела 150 дней	16,69±4,75	18,93±4,54	17,01±5,28	16,34±5,06
Масса тела 180 дней	18,80±4,95	21,15±5,11	19,18±6,07	18,12±5,66
Длина по Смитсу 30 дней	2,17±0,09	2,45±0,11	2,38±0,11	2,24±0,09
Длина по Смитсу 60 дней	2,82±0,11	3,19±0,13	3,11±0,12	2,91±0,12
Длина по Смитсу 90 дней	4,41±0,49	4,97±0,56	4,83±0,54	4,54±0,51
Длина по Смитсу 120 дней	6,31±0,71	7,11±0,81	6,91±0,77	6,49±0,73
Длина по Смитсу 150 дней	9,27±1,04	10,05±1,13	9,86±1,11	9,46±1,06
Длина по Смитсу 180 дней	10,29±1,15	11,15±1,25	10,94±1,22	10,50±1,17
Дл. до конца	1,97±0,08	2,22±0,09	2,16±0,09	2,03±0,09

чешуйчатого покрыва 30 дн.				
Дл. до конца чешуйчатого покрыва 60 дн.	2,55±0,11	2,89±0,12	2,80±0,12	2,64±0,11
Дл. до конца чешуйчатого покрыва 90 дн.	4,07±0,44	4,59±0,51	4,45±0,48	4,19±0,46
Дл. до конца чешуйчатого покрыва 120 дн.	5,81±0,63	6,56±0,71	6,36±0,69	5,99±0,65
Дл. до конца чешуйчатого покрыва 150 дн.	8,56±0,93	9,27±1,01	9,09±0,99	8,73±0,95
Дл. до конца чешуйчатого покрыва 180 дн.	9,49±1,03	10,29±1,12	10,09±1,10	9,69±1,06
Длина головы 30 дней	0,40±0,05	0,45±0,06	0,44±0,06	0,41±0,05
Длина головы 60 дней	0,52±0,07	0,59±0,08	0,57±0,07	0,54±0,07
Длина головы 90 дней	0,81±0,11	0,91±0,13	0,88±0,12	0,83±0,11
Длина головы 120 дней	1,15±0,16	1,31±0,18	1,26±0,17	1,19±0,16
Длина головы 150 дней	1,70±0,23	1,84±0,26	1,81±0,25	1,73±0,24
Длина головы 180 дней	1,88±0,25	2,04±0,27	2,00±0,27	1,92±0,26
Высота тела 30 дней	0,40±0,07	0,46±0,07	0,44±0,07	0,42±0,07
Высота тела 60 дней	0,53±0,09	0,59±0,11	0,58±0,09	0,54±0,09
Высота тела 90 дней	1,12±0,21	1,27±0,24	1,23±0,23	1,16±0,22
Высота тела 120 дней	1,61±0,30	1,82±0,34	1,76±0,33	1,66±0,31
Высота тела 150 дней	2,37±0,45	2,57±0,48	2,52±0,47	2,42±0,45
Высота тела 180 дней	2,62±0,49	2,84±0,53	2,79±0,52	2,68±0,50
Толщина тела 30 дней	0,23±0,05	0,26±0,05	0,25±0,05	0,23±0,05
Толщина тела 60 дней	0,34±0,07	0,39±0,08	0,37±0,07	0,35±0,07
Толщина тела 90 дней	0,64±0,10	0,70±0,11	0,68±0,11	0,66±0,10
Толщина тела 120 дней	0,78±0,12	0,88±0,14	0,86±0,13	0,81±0,12
Толщина тела 150 дней	1,15±0,18	1,25±0,19	1,23±0,19	1,18±0,18
Толщина тела 180 дней	1,26±0,19	1,37±0,21	1,34±0,21	1,29±0,19

Средние размерно-весовые показатели по 50-ти потомкам от каждой из восьми пар производителей рассчитывали по данным бонитировки. Бонитировка потомства проводилась ежемесячно в течение полугода.

Заклучение

Таким образом, были отобраны пары производителей форели ропшинская золотая и сняты их размерно-весовые показатели. От восьми пар производителей было получено потомство, от каждой семьи брали по 50 особей, которых

бонитировали ежемесячно в течении полугода и на этой основе создана соответствующая база данных. Подобраны праймеры для амплификации участков гена *BMP-2*.

Благодарности

Выполнено при поддержке государственного задания 0445-2021-0010

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Касьянов Г.И., Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Российская Федерация, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Российская Федерация

Acknowledgement

Conducted with support from the state task 0445-2021-0010

Conflict of Interest

None declared.

Review

Kasyanov G.I., Краснодарский край, Krasnodar, Russian Federation, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

Список литературы / References

1. Кирпичников В.С. Генетика и селекция рыб / В.С. Кирпичников – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1987. – 520 с.
2. Боровик Е.А. Радужная форель / Е.А. Боровик – Минск: Наука и техника, 2019. – 154 с.
3. Terletsy V.P. An efficient method for genetic certification of *Bacillus subtilis* strains, prospective producers of biopreparations. / V.P. Terletsy, V.I. Tyshchenko, I.I. Novikova et al. // *Microbiology*. – 2016. – 85(1). – p. 71–76.
4. Zhang W.Z. Characterization and spatiotemporal expression analysis of nine bone morphogenetic protein family genes during intermuscular bone development in blunt snout bream. / W.Z. Zhang, T. Lan, C.H. Nie et al. // *Gene*. – 2018. – 642. – p. 116–124.
5. Yáñez J.M. Genomics in aquaculture to better understand species biology and accelerate genetic progress. / J.M. Yáñez, S. Newman, R.D. Houston // *Front. Genet.* . – 2015. – 6. – p. 128.
6. Kiselyova T.Yu Linkage disequilibrium analysis for microsatellite loci in six cattle breeds. / T.Yu Kiselyova, V.P. Terletsy, J. Kantanen et al. // *Russian Journal of Genetics*. – 2014. – 50(4). – p. 406–414.
7. Li B. Molecular mechanisms of intermuscular bone development in fish: a review. / B. Li, Y.W. Zhang, X. Liu et al. // *Zool. Res.* . – 2021. – 42(3). – p. 362–376.
8. Vallejo R.L. Response to five generations of selection for growth performance traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). / R.L. Vallejo, D. Gonzales-Pena, G.M. Weber // *Aquaculture*. – 2016. – 465. – p. 341–351. (accessed: 14.07.22)
9. Животовский Л.А. Генетическая история лососевых рыб рода *Oncorhynchus*. / Л.А. Животовский // *Генетика*. – 2015. – 51(5). – с. 584–599.
10. Никандров В.Я. Новое селекционное достижение – форель ропшинская золотая. / В.Я. Никандров, Н.И. Шиндавина, В.М. Голод // *Рыбное хозяйство*. – 2019. – 4. – с. 83–88.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kirpichnikov V.S. Genetika i selekciya ry'b [Fish genetics and breeding] / V.S. Kirpichnikov – L.: Nauka, Leningradskoe otdelenie, 1987. – 520 p. [in Russian]
2. Borovik E.A. Raduzhnaya forel' [Rainbow trout] / E.A. Borovik – Minsk: Nauka i texnika, 2019. – 154 p. [in Russian]
3. Terletsy V.P. An efficient method for genetic certification of *Bacillus subtilis* strains, prospective producers of biopreparations. / V.P. Terletsy, V.I. Tyshchenko, I.I. Novikova et al. // *Microbiology*. – 2016. – 85(1). – p. 71–76.
4. Zhang W.Z. Characterization and spatiotemporal expression analysis of nine bone morphogenetic protein family genes during intermuscular bone development in blunt snout bream. / W.Z. Zhang, T. Lan, C.H. Nie et al. // *Gene*. – 2018. – 642. – p. 116–124.
5. Yáñez J.M. Genomics in aquaculture to better understand species biology and accelerate genetic progress. / J.M. Yáñez, S. Newman, R.D. Houston // *Front. Genet.* . – 2015. – 6. – p. 128.
6. Kiselyova T.Yu Linkage disequilibrium analysis for microsatellite loci in six cattle breeds. / T.Yu Kiselyova, V.P. Terletsy, J. Kantanen et al. // *Russian Journal of Genetics*. – 2014. – 50(4). – p. 406–414.
7. Li B. Molecular mechanisms of intermuscular bone development in fish: a review. / B. Li, Y.W. Zhang, X. Liu et al. // *Zool. Res.* . – 2021. – 42(3). – p. 362–376.
8. Vallejo R.L. Response to five generations of selection for growth performance traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). / R.L. Vallejo, D. Gonzales-Pena, G.M. Weber // *Aquaculture*. – 2016. – 465. – p. 341–351. (accessed: 14.07.22)
9. Zhivotovskij L.A. Geneticheskaya istoriya lososevy'x ry'b roda *Oncorhynchus* [Genetic history of salmonid fishes of the genus *Oncorhynchus*]. / L.A. Zhivotovskij // *Genetika* [Russian Journal of Genetics]. – 2015. – 51(5). – p. 584–599. [in Russian]
10. Nikandrov V.Ya. Novoe selekcionnoe dostizhenie – forel' ropshinskaya zolotaya [New breeding achievement – Ropshinskaya golden trout]. / V.Ya. Nikandrov, N.I. Shindavina, V.M. Golod // *Ry'bnoe zozyajstvo* [Fish farming]. – 2019. – 4. – p. 83–88. [in Russian]