

БИЦИКЛИЧНОЕ СОЗРЕВАНИЕ САМОК РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В УСТАНОВКЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ (УЗВ)

© 2022 г. Н.И. Шиндавина, А.А. Зинченко, Д.У. Ташбаев,
В.Я. Никандров, А.А. Лукин

Федеральный селекционно-генетический центр рыбоводства филиал
«Главрыбвод», пос. Ропша Ленинградской области, 188514
E-mail: alukin@inbox.ru

Поступила в редакцию 1.02.2022 г.

При бонитировке маточных стад на базе Федерального селекционно-генетического центра рыбоводства (ФСГЦР) были обнаружены самки радужной форели, созревающие с промежутком в 6 мес. Установлено, что в условиях УЗВ самки с бициклическим нерестом могут продуцировать такие же полноценные половые продукты высокого рыбоводного качества, как и производители с нормальным половым циклом. Сделано предположение, что созревание каждые полгода лишь части самок свидетельствуют о генетической предопределённости отдельных рыб к появлению этой особенности. Выведение отечественных пород радужной форели с бициклическим нерестом будет так же в значительной степени способствовать реализации биологического потенциала этого вида и откроет новые перспективы форелеводства в России.

Ключевые слова: аквакультура, радужная форель, бициклическое созревание, икра оплодотворяемость.

ВВЕДЕНИЕ

Радужная форель (*Parasalmo mykiss*) является аборигенным видом, обитающим в реках и озёрах тихоокеанского побережья Северной Америки и Азии. В естественных условиях имеется множество экологических форм, которые образуют жилые проходные и анадромные популяции. Внимание к этому виду всегда привлекала широкая адаптационная способность, высокая пищевая активность, скорость роста, а также вкусовые качества. Именно поэтому радужная форель является одним из первых массовых лососевых видов в аквакультуре и до сих пор с этим видом ведётся целенаправленная селекционная работа.

Радужная форель принадлежит к группе рыб с единовременным икрометанием и многократным созреванием в течение жизни. При этом она отличается

ся высокой степенью пластичности по срокам созревания. Смещение нерестового сезона на более ранние или более поздние сроки можно вызвать изменением температурного режима, созданием искусственного фотопериода или последовательной селекцией рыб в ряду поколений (Титарев, 1975; Никандров, Шиндавина, 2006; Morrison, Smith, 1986; Bromage et al., 1992). Если рассматривать всю совокупность искусственно созданных стад, можно отметить большое разнообразие сроков нереста в нерестовом сезоне при сохранении однократного созревания в течение года (Busack, Gall, 1980).

Самки радужной форели, созревающие с промежутком в 6 месяцев, были обнаружены на нескольких рыбоводных хозяйствах, где оптимальный температурный режим сохранялся постоянно.

ным в течение всего года (Hume, 1955; Aida et al., 1984; Сычев и др., 1986; Шиндавина и др., 2003). Получение икры два раза в год, несомненно, способствует повышению эффективности производства, поскольку икра является ценным и дорогостоящим продуктом. В связи с этим в Японии в начале 70-х гг. прошлого столетия были начаты работы по изучению особенностей этого феномена и выведению породы форели с двукратным созреванием (Low et al., 1984, 1986). На племзаводе «Адлер» аналогичные исследования проводили в 1990–2000-е гг. (Никандров, Шиндавина, 2006).

Эти исследования были продолжены на базе селекционно-генетического центра рыбоводства филиал ФГБУ «Главрыбвод» с появлением установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) с постоянным температурным режимом (Голод и др., 2013).

Цель предлагаемой работы – выявить особенности репродуктивного цикла самок радужной форели при двукратном созревании в условиях УЗВ и возможность использования их икры для получения посадочного материала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на базе Федерального селекционно-генетического центра рыбоводства (ФСГЦР) филиал ФГБУ «Главрыбвод» в июле – августе 2021 г.

Объектом исследования являлись самки радужной форели, селекционируемой с целью выведения породы для установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) (Голод и др., 2013). Цикл выращивания рыб проходил в установке замкнутого водоснабжения в закрытом помещении при искусственном освещении. Температура воды поддерживалась на постоянном уровне: $10 \pm 1^\circ\text{C}$.

У всех самок, созревших в августе в возрасте 3,5 года определяли массу (g) и длину тела (cm) по Смитту. Сцеживание икры проводили вручную. Всю порцию икры взвешивали, определяли количество икринок в 5 граммах и вычисляли среднюю массу икринки (mg), а также рабочую плодовитость самок. При работе с производителями применяли в качестве анестетика гвоздичное масло концентрацией 0,15–0,2 мл на 1 литр воды в течение 2–3 мин. Всех рыб, созревших в летний период, поместили индивидуальной меткой.

Для осеменения икры использовали инвертированных самцов этого же возраста, подвижность сперматозоидов у которых была хорошего качества. Качество спермы оценивали по пятибалльной шкале Г.М. Персова (1953). Свежеприготовленную смесь спермы 2–5 самцов разбавляли раствором «StorFish» для лучшего распределения сперматозоидов при смешивании с икрой. В качестве среды для осеменения применяли буферный солевой раствор D532 (Billard, 1992). В его состав входят: 24,2 г Трис + 22,5 г глицин + 1,1 г CaCl_2 , + 73,1 г NaCl на 10 л дистиллированной H_2O ($\text{pH}=9,0$).

Для индивидуальной оценки самок по качеству икры от каждой из 33 рыб, созревших в период с 15 по 28 июля, брали порцию икринок (250–300 шт.), осеменяли и инкубировали в отдельных ячейках инкубационной рамки. Остальную икру использовали для получения посадочного материала. Её смешивали и осеменяли той же смесью спермы. Температура воды в период инкубации составляла $8\text{--}10^\circ\text{C}$.

Результаты осеменения икры оценивали по показателю *оплодотворяемости икры*, который определяли на 9–10-е сут. инкубации в период обрастания желтка бластодермой зародыша. Пробы из 25–

30-ти икринок помещали в спиртово-уксусную смесь (3:1) для просветления оболочки и визуально определяли количество развивающихся зародышей, которое соотносили с общим количеством икринок в пробе (%). *Выживаемость эмбрионов* оценивали на стадии пигментации глаз на 28–29-е сут. инкубации, по численности живых эмбрионов относительно исходного количества икры (%).

Статистический анализ данных проводили по стандартным методикам (Лакин, 1980).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сроки созревания самок. Все исследованные самки впервые созрели в двухгодичном возрасте в декабре 2020-январе 2021 гг. Летом было обнаружено 11% (107 экз.) созревших рыб. Первую проверку самок провели 15 июля. Визуальная оценка показала, что среди созревших производителей больше половины рыб (54%) имели уже перезревшую икру. Сильная степень перезревания икры у отдельных особей свидетельствует о том, что овуляция самок началась предположительно в середине июня. У большинства рыб она происходила в первой декаде июля, за 1–2 недели до проверки. Остальные 46% самок созрели в период наблюдений: с 15 июля по 12 августа. Таким образом, продолжительность летнего нереста составила около двух месяцев.

Размерно-весовая и репродуктивная характеристика самок. Результаты оценки рыб представлены в таблице 1.

Судя по уровню коэффициентов вариации, разнообразие рыб по массе тела было умеренным. Более существенно самки различались по рабочей плодовитости.

Крупные особи продуцировали большую по величине икру: $r=0,36$ ($P < 0,05$).

Результаты индивидуальной оценки самок по качеству икры представлены в таблице 2.

Данные, приведенные в таблице 2, показывают, что во время первой проверки 15 июля качество икры было самым низким. У двух из девяти рыб, т.е. у 22% вся икра оказалась не способной к оплодотворению и только у 22% самок выживаемость эмбрионов была равна или выше 80%. Самки, обнаруженные во время двух последующих просмотров, отличались значительно более высоким уровнем оплодотворения икры и жизнеспособностью зародышей. Количество рыб с выживаемостью эмбрионов 80% и выше составляло 67%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты индивидуальной оценки самок показали, что больше, чем у половины самок (63%) икра была высокого качества и пригодна для использования её в рыбоводных целях. Низкий уровень оплодотворения икры при первой проверке самок 15 июля, очевидно, связан с перезреванием яйцеклеток, овуляция которых вероятно произошла на 1–2 недели раньше. Визуально такая икра не отличается от нормальной, созревшей накануне отцеживания. Однако, известно, что длительное нахождение овулировавших яйцеклеток в полости тела самок вызывает их перезревание, приводящее к снижению оплодотворяемости икры и выживаемости эмбрионов (Gillet, Bretton, 2009; Mommens et al., 2015; Valdebenito et al., 2015). В связи с этим, при проведении искусственного нереста в летние месяцы необходимо проводить своевременную проверку самок.

Данные настоящей работы показывают, что в условиях УЗВ самки с бициклическим нерестом могут продуцировать такие же полноценные половые

Таблица 1. Размерно-весовые и репродуктивные показатели самок (n=43)

Признаки	Показатели		
	$M \pm m$	<i>lim</i>	CV,%
Масса тела, г	2013±64,7	1340–2940	18,5
Длина тела, см	50,8±0,41	43,0–57,3	5,3
Рабочая плодовитость, шт.	3556±175,6	2090–6195	28,4
Масса икринки, мг	51,7±1,53	34,7–71,4	17,1

Примечание. Здесь и далее: $M \pm m$ – среднее значение, его ошибка; *lim* – пределы варьирования признака, CV,% – коэффициент вариации.

Таблица 2. Оплодотворяемость икры и выживаемость эмбрионов у самок, созревших в разные сроки

Дата проверки	Оплодотворяемость икры, %		Выживаемость эмбрионов, %	
	$M \pm m$	<i>lim</i>	$M \pm m$	<i>lim</i>
15.07 (n=9)	38±11,0	0–88	26±11,3	0–83
22.07 (n=8)	93±2,7	76–98	91±3,0	73–98
28.07 (n=16)	92±2,0	77–100	79±4,4	43–95

продукты высокого рыболовного качества, как и производители с нормальным половым циклом. Этому способствовал, по-видимому, температурный режим, благоприятный для нормального развития гонад. Сравнение наших данных с результатами наблюдений, полученными на других хозяйствах, показывает, что высокое качество икры было получено у самок на племенном заводе «Адлер», где температура воды держалась в оптимальных пределах от 8 до 14 °С в течение года. Оплодотворяемость икры у самок в возрасте 3+ в среднем составляла 80%, а выживаемость эмбрионов – 78% (Никандров, Шиндавина, 2006). В условиях тепловодного хозяйства, где зимой температура воды была в среднем 10°С, в мае поднималась до 16,3°, а в течение лета менялась от 10 до 25 °С,

тем самым значительно превышая оптимальные значения. Численность бициклических самок была высокой и достигала 34% у четырехлетних рыб. Однако физиологическое состояние рыб было ослабленным. Значительное количество зрелых самок, не будучи отцеженными, погибали. А самцы продуцировали сперму, не пригодную для осеменения (Сычев и др., 1986).

Признавая роль температуры воды как ведущего сигнального фактора, следует подчеркнуть, что данные о созревании каждые полгода лишь части самок свидетельствуют о генетической предопределенности отдельных рыб к проявлению этой особенности. Эффективность селекции генотипов по признаку повторного созревания была продемонстрирована японскими исследователя-

ми, которые, отобрав в качестве исходного материала всего несколько самок, создали за 10 лет промышленное маточное стадо, в котором 60-70% самок и 25% самцов созревали каждые 6 месяцев (Aida et al., 1984; Low et al., 1984). Подобные работы, с участием наших специалистов на племзводе «Адлер» также показали эффективность селекции форели по скорости полового созревания в нерестовом сезоне. Уже в I и II поколениях количество самок с бициклическим нерестом составляло от 12 до 20% (Никандров, Шиндавина, 2006).

Практическое значение создания породы форели с бициклическим нерестом не вызывает сомнений. Опыт показывает, что при содержании рыб, созревающих каждые 6 мес., мы можем получить от каждой самки дополнительную продукцию либо в виде посадочного материала в количестве 3,5 тыс. икринок, либо пищевую икру от каждой самки весом 200 г. При этом не производится никаких дополнительных затрат на содержание производителей.

Не менее существенным является возможность обеспечения посадочным материалом товарных форелевых хозяйств в любое время года и, тем самым, возможность достижения непрерывного цикла производства товарной продукции. Выведение отечественных пород радужной форели с бициклическим нерестом будет так же в значительной степени способствовать реализации биологического потенциала этого вида и откроет новые перспективы форелеводства в России.

Таким образом, создание маточного стада самок радужной форели с бициклическим созреванием требует разработки научно обоснованных критериев для установления оптимальных сроков полового созревания самок и проведение селекционной работы для отбора

наиболее жизнестойких особей. Эти показатели должны определяться не только размерами и массой культивируемых рыб, но также этапами развития половых продуктов, которые позволят получать икру высокого качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Голод В.М., Терентьева Е.Г., Крупкин В.З. Производство посадочного материала в УЗВ как единство селекции и технологии // В сб. «Рециркулярные технологии в крытых и открытых системах. Руководство». Сарваш: Изд-во «НАКИ», 2013. С. 11–22.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Изд-во Высш. Школа, 1980. 293 с.

Никандров В.Я., Шиндавина Н.И. Создание, совершенствование и поддержание селекционных достижений в племенных хозяйствах. В сб. «Породы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* W.). М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2006. С. 110–315.

Персов Г.М. Дозирование спермиев, как способ управления оплодотворением яйцеклеток осетровых // Докл. АН СССР. 1953. Т. 90. № 6. С. 1183–1185.

Сычев Г.А., Новоженин Н.П., Сергеева Л.С. 1986. Летнее половое созревание форели, выращиваемой с использованием теплой воды электростанций // Сб. науч. трудов ВНИИПРХ. Вып. 48. С. 197–206.

Титарев Е.Ф. 1975. Ускорение полового созревания радужной форели *Salmo gairdneri* Rich. под влиянием повышенной температуры воды // Вопросы ихтиологии. Т.15. Вып.3(92). С. 565–566.

Шиндавина Н.И., Никандров В.Я., Янковская В.А. 2003. Предпосылки выведения породы радужной форели с бициклическим нерестом // Матер. междунар. симпозиума «Холодноводная аквакультура: старт в XXI век». С-Пб, 8–13 сентября 2003. С. 220–221.

Aida K., Dakai K., Nomura M., et al. Reproductive activity of a twice-annually spawning strain of rainbow trout // Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 1984. V. 50. P. 1165–1172.

Billard R. 1992. Reproduction in rainbow trout: sex differentiation, dynamics of gametogenesis, biology and preservation of gametes // *Aquaculture*. V. 100. N. 2. P. 263–298.

Bromage N.R., Jones J., Randall C., et al. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Aquaculture*. 1992. V. 100. N. 1. P. 141–166.

Busack G.A., Gall A.E. Ancestry of artificially propagated California rainbow trout strains // *Calif. Fish game*. 1980. V. 66. P. 17–24.

Gillet C., Breton B. LH secretion and ovulation following exposure of Arctic charr to different temperature and photoperiod regimes: responsiveness of females to a gonadotropin-releasing hormone analogue and a dopamine antagonist // *Gen. Comp. Endocrinol.* 2009. V. 162. P. 210–218.

Hume L.C. Rainbow trout spawn twice a year // *Calif. Fish. Game*. 1955. V. 41. P. 117.

Low S., Aida K., Hanui I., et al. Endocrine profiles in the females of a twice-annually spawning strain of rainbow trout // *Aquaculture*. 1984. V. 43. N. 13. P. 13–22.

Low S., Aida K., Hanui I., et al. Endocrine profiles in the males of a twice-annually spawning strain of rainbow trout, *Salmo gairdneri* // *Gen. and Comp. Endocrinol.* 1986. V. 64. N. 2. P. 212–219.

Mommens M., Storset A., Babiak I. Some quantitative indicators of postovulatory aging and its effect on larval and juvenile development of Atlantic salmon (*Salmo salar*) // *Theriogenology*. 2015. V. 84. P. 170–176.

Morrison J.K., Smith C.E. Altering the spawning cycle of rainbow trout by manipulation water temperature // *Progr. Fish. Cult.* 1986. V. 48. N. 1. P. 52–54.

Valdebenito I.I., Gallegos P.C., Effer B.R. Gamete quality in fish: evaluation parameters and determining factors // *Zigote*. 2015. V. 23. P. 177–197.

**TWICE-ANNUALLY SPAWNING OF RAINBOW
TROUT FEMALES IN RECIRCULATION SYSTEMS**

© 2022 y. N.N. Shindavina, A.A. Zinchenko, D.U. Tashbaev,
V.Ya. Nikandrov, A.A. Lukin

*Federal Selection and Genetic Center for Fish Culture «Ropsha»
branch of «Glavrybvod», Ropsha, Leningrad reg., 188514*

During the evaluation of broodstocks on the basis of the Federal Fish Breeding Genetic Center (FSGTSR), rainbow trout females maturing with an interval of 6 months were found. It has been established that under conditions of RAS, females with bicyclic spawning can produce the same full-fledged reproductive products of high fish-breeding quality, as well as producers with a normal sexual cycle. It has been suggested that maturation every six months of only a part of females indicates the genetic predetermination of individual fish to the appearance of this feature. The breeding of domestic breeds of rainbow trout with bicyclic spawning will also greatly contribute to the realization of the biological potential of this species and open up new prospects for trout breeding in Russia.

Key words: aquaculture, rainbow trout, bicyclic maturation, caviar fertility.