

УДК 639.31:639.211.3

ВЫРАЩИВАНИЕ МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СВЕТОВЫХ РЕЖИМАХ

В. В. ЛАВРОВСКИЙ, Ю. И. ЕСАВКИН
(Кафедра прудового рыбоводства)

В отечественном форелеводстве широко распространяется промышленное выращивание рыбы в помещениях закрытого типа, в живорыбных цехах и садковых хозяйствах круглогодичного действия с использованием теплых вод ТЭЦ и АЭС, что позволяет сократить сроки получения товарной продукции. Все это ведет к коренным изменениям сложившейся системы выращивания рыбы.

Содержание рыбы в бассейнах, установленных в цехах, в садках в зимний период и башенных установках [13, 14], позволило сосредоточить на малых площадях большое количество рыбы и механизировать ее кормление. Но при этом резко изменились условия выращивания, в частности, продолжительность и интенсивность естественного освещения в рыбоводных сооружениях. В то же время появилась возможность использовать в помещениях и специальных сооружениях искусственное освещение.

Если требования рыб к гидрохимическим и другим факторам внешней среды, а также потребности их в питательных веществах достаточно изучены, то воздействие света в промышленном рыбоводстве остается почти не использованным приемом повышения продуктивности.

Рассматривая свет как фактор внешней среды, различают 2 его основных источника: солнечный — естественную инсоляцию и электрический — искусственное освещение.

Роли солнечного света в различных жизненных процессах животных посвящены многочисленные исследования и наблюдения. Накоплен большой материал и о стимулирующем действии искусственного света на различные физиологические функции организма. Искусственное освещение оказывает влияние на нервную систему, формообразовательные и кроветворные процессы, циклы размножения [5] и эндокринный аппарат [3], что в конечном итоге отражается на продуктивности животных и птиц.

Особенно широко применяется регулирование световых режимов в промышленном птицеводстве, естественное освещение в котором не является обязательным при клеточном содержании кур. Наличие окон в некоторых случаях даже затрудняет создание искусственных световых режимов, способствующих получению высокой продуктивности [8].

Роль солнечного света в жизни рыб велика. С особенностями освещения в местах обитания связаны строение органа зрения [1], поведение, в частности суточные ритмы активности, и многие другие стороны жизни рыб [7].

Рыб в зависимости от образа жизни подразделяют на две группы: с хорошо и плохо развитым зрением. Первые, в свою очередь, делятся на светолюбивых, переходных и сумеречных рыб [10]. Форель относится к группе светолюбивых рыб с хорошо развитым зрением. В естественных условиях она питается в светлое время суток, питание ее состоит в основном из живой добычи. Соотношение зрительных элементов в сетчатке

глаза следующее: палочек — 45, колбочек — 4 на 80 мк длины среза верхней части сетчатки [10, 16].

В естественных условиях форель избегает участков водоемов с ярким солнечным светом. Ее отношение к различным спектрам света в онтогенезе неодинаково [4].

В инкубационном аппарате при освещенности не выше 18 тыс. лк возрастала смертность личинок ручьевого форели, задерживались развитие на ранних стадиях эмбриогенеза (от 1 до 2 мес) и переход от одного этапа к другому от 12 дней до 1 мес, удлинялся период выклева, в 1,2—2 раза снижался темп роста [15]. В то же время отмечалось стимулирующее действие дневного рассеянного света, вызывающее более раннее вылупление личинок форели.

Для развития эмбрионов радужной форели оптимальной является освещенность 0,2—20,0 лк [18]. В период инкубации наиболее высокий отход радужной форели наблюдается при воздействии фиолетовой и синей частей спектра, зеленый и оранжевый участки спектра менее опасны [19].

Интенсивность освещения оказывает большое влияние на морфогенез радужной форели в период эмбрионального развития. Так, при освещении икры искусственным источником света со спектральным составом, близким к естественному, начиная со стадии пигментации глаз отмечается количественная зависимость между образованием лучей в дорзальном и анальном плавниках и интенсивностью света. Наибольшее число лучей (15,8 и 14,04) образуется при интенсивности 10 лк [21].

Выращивание радужной форели в условиях различной освещенности (0—200 лк) и затенения части лотка показало, что сеголетки распределяются равномерно по всей площади лотка, тогда как годовики предпочитают затененные места, что можно наблюдать начиная с уровня интенсивности освещения 0,01 лк [20].

Динамика интенсивности освещения в течение года в значительной степени определяет ход полового цикла у рыб. Ежегодный ритм развития гонад у рыб обусловлен не только температурным фактором, но и изменениями светового режима. Так, при содержании двухлеток форелей при специальном световом режиме половое созревание наступило на 6—8 недель раньше, чем у рыбы, содержащейся при естественном освещении [17].

Л. П. Рыжков [12], обобщая материалы по влиянию освещения на морфофизиологические показатели лососевых рыб, рекомендует осуществлять инкубацию икры исследуемых рыб (в том числе радужной форели) исключительно в затемненных помещениях, выдерживать личинки до начала этапа смешанного питания при сумеречном свете, а дальнейшее выращивание проводить при рассеянном освещении, исключая попадание на молодь прямых солнечных лучей, оказывающих отрицательное влияние на ее выживаемость. Конкретные характеристики продолжительности и интенсивности освещения рыбоводных сооружений при выращивании молоди лососевых рыб до возраста сеголетка им не даются. Отсутствуют нормативы по световым режимам для форели и других рыб в последних рекомендациях ВНИИПРХ, ГосНИОРХ, УкрНИИРХ, Гидрорыбпроекта, разрабатывающих новые биотехнические приемы выращивания рыбы.

Целью настоящей работы является выяснение влияния света на рост и некоторые физиологические показатели молоди радужной форели, выращиваемой в инкубационно-мальковом цехе (имеющем световые проемы), на 1-м году жизни.

Материал и методика исследований

Молодь радужной форели содержалась в производственных бассейнах инкубационно-малькового цеха форелевого хозяйства

«Сходня» Московской области в течение 75 дней (с 13 июня по 1 сентября 1977 г.). Период адаптации составлял 15 дней. Вы-

Т а б л и ц а 1
Схема опыта

Вариант	Световой режим
1 (контроль)	Естественная освещенность — 0—200 лк
2	Естественная освещенность + дополнительное освещение днем — 200 лк с 7 до 19 ч
3	Естественное освещение + дополнительное освещение ночью — 200 лк с 19 до 7 ч
4	Ослабленное (до 30 лк) естественное освещение, фотопериод укорочен до 6 ч

ращивание при различных световых режимах продолжалось 60 дней. Схема опыта приведена в табл. 1.

Плотность посадки во всех вариантах опыта одинаковая — 20 тыс. шт. на бассейн, или 18,2 тыс. шт. на 1 м³, или 4,0 тыс. шт. на 1 м². В варианте 4 рыба содержалась в проточных сетчатых садках (0,4×0,4×0,1 м) со светонепроницаемым колпаком при той же плотности посадки; кормили молодь 4—

6 раз в сутки тестообразными кормами, приготовленными на основе селезенки. Водообмен в бассейнах осуществлялся за 8—10 мин. Выращивание проходило в условиях оборотного водоснабжения при использовании улучшенной артезианской воды [6].

Определенные световые режимы создавали с помощью автоматического реле времени 2РВМ и ламп дневного света.

Отсадку рыбы в опытные бассейны в количестве 60 600 шт. при средней массе 0,4 г проводили при индивидуальном просчете. Уровень освещенности мальковых бассейнов измеряли люксметром Ю-16 на поверхности и глубине 10 см в горизонтальной плоскости один раз в декаду круглосуточно через каждые 4 ч.

Для изучения особенностей роста форели 3 раза в месяц проводили индивидуальное взвешивание в воде по 100 особей из каждого варианта опыта на электрических весах ВЛК-500. Среднесуточный прирост рассчитывали по логарифмической формуле Г. Г. Винберга [2]. Количество эритроцитов в крови рыб определяли по методу прямого подсчета клеток в камере Горяева. Для подсчета количества лейкоцитов и установления лейкоцитарной формулы крови рыб использовали методику, описанную Н. В. Пучковым [11], гемоглобин определяли по колориметрическому методу Салли раз в месяц. Все материалы обработаны статистически [9].

Рыбоводные показатели

Программой исследований было предусмотрено частичное разреживание (отсадка) рыбы в период опыта из всех бассейнов при достижении критической ихтиомассы — 50—60 кг/м³. При кратковременной остановке насосов оборотного водоснабжения в инкубационном цехе 27 июля часть рыбы погибла от недостатка кислорода. Данные о вылове молоди приведены в табл. 2.

Разница по выходу молоди между вариантами 1, 2 и 3 объясняется каннибализмом — поеданием мелкой, отставшей в развитии молоди более крупными особями. Во избежание потерь молоди в период ускоренного роста при повышенном уровне освещенности необходимо ее сортировать при достижении средней массы 3 г.

Использование искусственного освещения в дневной период (вариант 2) позволило повысить уровень рыбопродукции при прочих одинаковых условиях (проточность, кормление, плотность посадки) на 8,9 кг/м³, или на 11,6%, и достичь высокого уровня рыбопродукции молоди — 85,6 кг/м³, хотя выход оказался на 4,4% ниже, чем в контроле.

Т а б л и ц а 2

Выход молоди форели

Вариант	Отсадка, шт.	Взято на анализ, шт.	Облов, шт.	Общий выход, шт.	Гибель при аварии, шт.	Всего выход			Отход при выращивании, шт.
						шт.	%	% к контролю	
1	5000	250	12 500	17 750	2140	19 890	99,4	100,0	110
2	5000	400	11 400	16 800	2220	19 020	95,1	95,6	980
3	5000	400	10 400	15 800	3530	19 334	96,6	97,1	666
4	—	56	241	297	—	297	99,0	99,5	3

Т а б л и ц а 3

Общая масса и уровень рыбопродукции в бассейнах

Вариант	Масса, кг	Рыбопродукция		
		кг на бассейн	кг/м ³	% к контролю
1 (контроль)	94,35	86,35	76,7	100,0
2	106,20	98,20	85,6	111,6
3	97,50	89,50	79,5	103,6
4	1,24	—	46,6	60,7

отметить, что у молоди радужной форели в вариантах 2 и 3 была наиболее высокая средняя масса — на 17,2 и 13,4% выше, чем в контроле (табл. 4). В варианте 2 с дополнительным освещением в дневное время крупной молоди (7,8 против 6,5 г) оказалось на 8,0% больше, чем в контроле.

Самые низкие показатели продуктивности (средняя масса — 4,9 г и количество крупной рыбы — 58,0%) были у молоди из варианта 4, выращиваемой при низкой интенсивности освещения и укороченном фотопериоде.

Рост молоди

Одним из важных показателей ответной реакции организма на изменения внешней среды является рост. За период постоянного воздействия различных световых режимов (2 мес) масса рыбы в контрольном бассейне увеличилась на 447%, в варианте 2 — на 527%, в варианте 3 — на 537%, в затемненных садках (вариант 4) за один месяц — на 184% (табл. 5). Прирост ихтиомассы по отношению к контролю в варианте 2 составил +80%, в варианте 3 — +90%, в варианте 4 — 40%. К концу выращивания достоверные различия в средней массе рыбы при $P=0,999$ ($td_{\text{табл}}=3,3$) наблюдались между вариантами 1 и 2 ($td_{1-2}=4,3$), 1 и 3 ($td_{1-3}=4,1$), 1 и 4 ($td_{1-4}=3,8$); различия были недостоверны между вариантами 2 и 3 ($td_{2-3}=0,5$).

При увеличении интенсивности и продолжительности искусственного освещения скорость роста рыбы повышается на 80 и 90% к контролю, а при их уменьшении скорость роста замедляется на 40% по отношению к контролю.

Т а б л и ц а 4

Результаты облова и сортировки молоди форели

Вариант	Всего			В т. ч.					
	шт.	средняя масса, г	общая масса, кг	крупная			мелкая		
				%	средняя масса, г	общая масса, кг	%	средняя масса, г	общая масса, кг
1 (контроль)	12 500	5,8	72,7	70,0	6,5	57,1	30,0	4,2	15,6
2	11 400	7,0	79,9	78,0	7,8	67,0	22,0	5,1	12,9
3	10 400	6,9	71,5	70,0	7,9	57,2	30,0	4,6	14,3
4	241	4,9	1,24	58,0	5,6	0,78	42,0	4,5	0,46

Рост молоди

Дата	Вариант											
	1			2			3			4		
	$M \pm m,$ г	$C_y,$ %	$C'_{cp},$ %	$M \pm m,$ г	$C_y,$ %	$C'_{cp},$ %	$M \pm m,$ г	$C_y,$ %	$C'_{cp},$ %	$M \pm m,$ г	$C_y,$ %	$C'_{cp},$ %
21/VI	0,47	45,0	—	0,61	41,0	—	0,49	50,0	—	—	—	—
	$\pm 0,02$			$\pm 0,03$			$\pm 0,02$					
30/VI	0,78	48,7	5,7	0,91	46,2	4,5	0,86	40,0	6,4	—	—	—
	$\pm 0,04$			$\pm 0,04$			$\pm 0,03$					
11/VII	1,3	34,6	4,7	1,37	48,2	3,7	1,28	49,9	3,7	—	—	—
	$\pm 0,05$			$\pm 0,06$			$\pm 0,07$					
20/VII	1,86	47,3	4,0	2,19	36,4	5,3	1,65	48,4	2,8	—	—	—
	$\pm 0,09$			$\pm 0,07$			$\pm 0,09$					
1/VIII	2,61	36,4	2,8	3,16	35,0	3,0	3,26	39,9	5,8	2,64	40,0	—
	$\pm 0,1$			$\pm 0,1$			$\pm 0,12$			$\pm 0,1$		
9/VIII	3,25	41,4	2,8	3,78	35,0	2,2	3,6	43,3	1,2	3,0	42,0	1,6
	$\pm 0,12$			$\pm 0,13$			$\pm 0,17$			$\pm 0,13$		
20/VIII	4,66	36,0	3,3	5,89	32,2	4,1	5,04	37,9	3,1	4,1	42,7	2,9
	$\pm 0,17$			$\pm 0,19$			$\pm 0,20$			$\pm 0,18$		
1/IX	5,81	35,1	1,8	7,02	30,0	1,4	6,88	36,6	2,6	4,86	43,2	1,4
	$\pm 0,16$			$\pm 0,21$			$\pm 0,21$			$\pm 0,20$		

Следует отметить уменьшение коэффициента вариации (C_y) массы молоди (в г) к концу выращивания (табл. 5). Особенно велики различия по массе рыбы при укороченном фотопериоде (вариант 4), что вызвано, по-видимому, неблагоприятными условиями освещения. Если в контроле вариабельность молоди по этому показателю за период выращивания снизилась на 9,9% (с 45,0 до 35,1%), то в варианте 2 — на 11,0, в варианте 3 — на 13,4%, что говорит о выравнивании молоди по массе в процессе выращивания за счет увеличения количества крупных особей.

Среднесуточный привес (C'_{cp}) закономерно снижался к концу выращивания во всех вариантах опыта (табл. 4), особенно при укороченном фотопериоде и низкой освещенности (1,4—1,6 в варианте 4 против 1,8—2,8% в контроле). В целом темп роста форели в вариантах 1, 2 и 3 был высоким.

Гематологические показатели

Гематологические показатели форели (табл. 6) представляют собой средние данные из 5—10 проб.

У молоди форели, выращиваемой при различных световых режимах, количество гемоглобина и эритроцитов находится в пределах нормы (табл. 6). По мере роста молоди количество эритроцитов в крови рыб всех групп возрастает. Среди клеток белой крови молоди всех групп преобладают лимфоциты (94—99%) и лишь 1—6% приходится на полиморфноядерные лейкоциты и моноциты. Такое состояние крови можно считать вполне удовлетворительным.

В начале выращивания наблюдается повышенное количество лейкоцитов (от 70,0 до 117,0 тыс./мм³), что можно объяснить заболеванием молоди в июне — июле апиозомозом (30—120 экз. в поле зрения) и триходинозом (30—43 экз. в поле зрения). В то же время у рыб в вариантах 2 и 3 показатели крови были несколько лучше, чем в контроле, что, возможно, связано с положительным воздействием искусственного освещения на физиологическое состояние молоди радужной форели.

Изменение уровня освещенности и продолжительности фотопериода в вариантах 2 и 3, видимо, не оказало влияния на лейкоцитарную фор-

Гематологические показатели молоди радужной форели

Вариант	Нб, г%	Эритроциты, млн/мм ³	Лейкоциты, тыс/мм ³	Лейкоцитарная формула					
				лимфоциты		моноциты		полиморфно-ядерные	
				%	тыс/мм ³	%	тыс/мм ³	%	тыс/мм ³
18 июня									
1 (конт- роль)	4,7 ±0,2	0,979 ±0,129	117,5 ±17,0	93,6	110,0 ±15,85	0,3	0,35 ±0,05	6,1	7,16 ±1,1
2	5,6 ±0,6	0,917 ±0,188	71,7 ±20,0	97,5	69,9 ±19,5	0,2	0,14 ±0,04	2,3	1,64 ±0,46
3	5,0 ±0,1	0,967 ±0,029	70,0 ±13,2	96,4	67,5 ±12,7	1,2	0,8 ±0,2	2,4	1,7 ±0,3
17 августа									
1	5,3 ±0,4	0,740 ±0,060	22,0 ±5,9	96,8	21,3 ±5,7	0,2	0,04 ±0,01	3,0	0,66 ±0,19
2	6,5 ±0,3	0,852 ±0,086	34,2 ±6,2	98,6	33,7 ±6,1	1,2	0,40 ±0,07	0,2	0,1 ±0,03
3	6,9 ±0,3	0,793 ±0,115	26,0 ±4,9	94,5	24,6 ±4,6	0,6	0,1 ±0,06	4,9	1,3 ±0,24
4	6,1 ±0,2	0,675 ±0,110	23,8 ±6,6	98,7	23,5 ±6,5	—	—	1,3	0,3 ±0,1
31 августа									
1	6,5 ±0,7	1,205 ±0,104	35,0 ±8,5	97,2	34,0 ±8,26	0,1	0,04 ±0,01	2,7	0,96 ±0,23
2	5,6 ±0,2	1,110 ±0,054	26,0 ±4,9	94,5	24,6 ±4,6	0,2	0,02 ±0,01	5,3	1,38 ±0,29
3	6,2 ±0,3	0,973 ±0,086	39,0 ±5,5	97,0	37,8 ±5,3	0,2	0,1 ±0,05	2,8	1,1 ±0,15
4	6,0 ±0,1	0,994 ±0,072	55,8 ±4,3	96,5	53,8 ±4,15	0,4	0,27 ±0,02	3,1	1,73 ±0,13

мулу крови; исключение составили колебания количества полиморфно-ядерных клеток в варианте 2 (17 июля и 31 августа). Снижение уровня освещенности и укорачивание фотопериода в варианте 4 в конце опыта вызвали увеличение количества лейкоцитов (55,0 против 35,0 тыс/мм³ в контроле) за счет увеличения количества лимфоцитов (53,8 против 34,0 тыс/мм³ в контроле).

Выводы

1. Первый опыт применения дополнительного искусственного освещения показал, что повышение его интенсивности в дневной период и увеличение продолжительности фотопериода за счет ночного освещения дали положительный эффект при выращивании молоди радужной форели в бассейнах инкубационного цеха. Уровень рыбопродукции с 1 м³ бассейна возрос с 76,7 до 85,6 и 79,5 кг. Увеличилась скорость роста молоди. Конечная средняя масса в вариантах 2 и 3 была на 17,2 и 13,4% выше, чем в контроле. Количество крупной молоди было больше и ее средняя масса выше, чем в контроле. Физиологическое состояние дополнительно облучаемой молоди в целом можно считать нормальным, хотя отмечено увеличение количества полиморфноядерных клеток в крови рыб варианта 2 к концу выращивания. Выход рыбы несколько превышал контроль, что говорит о необходимости проведения ранней сортировки форели в освещаемых бассейнах при ускоренном росте для предотвращения каннибализма.

2. Снижение интенсивности освещения и уменьшение продолжительности фотопериода привели к уменьшению рыбопродукции с 76,7 до 46,6 кг/м³, при этом уменьшилась скорость индивидуального роста — на 15,5% ниже, чем в контроле. Выход молоди был на уровне контроля. Физиологическое состояние молоди ухудшилось, о чем свидетельствует повышение содержания лейкоцитов (55,8 против 35,0 тыс/мм³ в контроле). Крупной молоди было на 12,0% меньше, чем в контроле (58,0 против 70,0%).

3. Разработка оптимальных световых режимов может стать одним из методов стимуляции роста светлюбивой радужной форели при выращивании в закрытых помещениях и сооружениях. Необходимо дальнейшее всестороннее изучение последствий влияния светового фактора на организм форели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабурина Е. А. Развитие глаз у круглоротых и рыб в связи с экологией. М., «Наука», 1972, с. 146. — 2. Винберг Г. Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск, 1956, с. 250. — 3. Бракин В. Ф., Сидорова М. В., Ефимова А. А. Морфо-функциональные изменения в железах эндокринной системы и яичниках кур в процессе яйцекладки и под влиянием импульсивного света. «Изв. ТСХА», 1976, вып. 6, с. 156—169. — 4. Иванчик Т. С., Шнаревич И. Д. Изменение чувствительности ручьевой и радужной форели к различным лучам оптического спектра в раннем онтогенезе при искусственном разведении. В сб.: Самоочищение, биопродуктивность и охрана водоемов и водотоков Украины. Киев, «Наукова думка», 1975, с. 185—186. — 5. Карапетян С. К. Роль света в физиологической стимуляции животного организма. Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1961, с. 132. — 6. Лавровский В. В. Опыт использования подземных вод при выращивании сеголеток радужной форели (*Salmo irideus*, Qib.). «Изв. ГосНИОРХ», 1976, вып. 113, с. 77—86. — 7. Никольский Н. В. Экология рыб. М., «Высшая школа», 1974, с. 367. — 8. Пигарев Н. В. Клеточное содержание птицы. М., «Колос», 1968, с. 208. — 9. Плохинский Н. А. Биометрия. Новосибирск, 1961, с. 364. — 10. Протасов В. Р. Зрение и ближняя ориентация рыб. М., «Наука», 1968, с. 148. — 11. Пучков Н. В. Белые кро-
12. Рыжков Л. П. Морфо-физиологические закономерности и трансформация вещества и энергии в раннем онтогенезе пресноводных лососевых рыб. Петрозаводск, «Карелия», 1976, с. 376. — 13. Патент США, 1973, № 3716025, кл. А01К 63/00. Установка для разведения рыбы, оборудованная вертикальным баком. — 14. Система циркуляции воды для разведения рыбы. Заявка Франции № 2234855, кл. А01К 61/00. «Изобретен. за рубежом», 1975, вып. 1, № 4. — 15. Шнаревич И. Д., Вагнер Л. И. О влиянии света на рост и развитие ручьевой форели при искусственном разведении. Научн. ежегодник за 1958 г. (Черновицкий институт), 1960, с. 313—315. — 16. Beall G. "Trout", 1972, vol. 13, N 4, p. 8, 20—21. 17. Kunesh W. H. e. a. "The progressive fish-culturist", 1974, vol. 36, N 4, p. 225—226. — 18. Kwain W. H. "J. of the Fisheries Res. Board of Canada", 1975, vol. 52, N 3, p. 397—402. — 19. Sietritz E. "Die Praxis der Forellenzucht", Hamburg, 1969, S. 118. — 20. McCrimmon H. R., Kwain W. H. "J. Fish. Res. Board of Canada", 1966, vol. 23, N 7, p. 983—990. — 21. McCrimmon H. R., Kwain W. H. "Canadian J. of Zoology", 1969, vol. 47, N 4, p. 631—637.

Статья поступила 28 июля 1978 г.

SUMMARY

The effect of three different light regimes — natural photoperiod+additional lighting in the day time (version 2), natural photoperiod+additional lighting at night (version 3), reduced natural lighting and shorter photoperiod (version 4) — on growth and some physiological characteristics of young trout was studied in comparison with the effect of natural lighting (version 1) of the incubator house. In versions 2 and 3 the yield of fish products was higher and the growth of young fish was more rapid (17.2 and 13.4%) compared with the control version, and in version 4 the growth of young fish was worse than in the control. The light factor is considered a probable stimulator of growth for light-demanding trout under conditions of living fish sections and artificial constructions.