

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
МОСКОВСКАЯ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ имени К. А. ТИМИРЯЗЕВА

А-26494

На правах рукописи

Юрий Иванович ЕСАВКИН.

**МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
И РОСТ МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СВЕТОВЫХ РЕЖИМАХ**
(03.00.13 — физиология человека и животных)

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

МОСКВА — 1980

Рыбач - Разведение

Работа выполнена на кафедре прудового рыбоводства Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева.

Научные руководители: член-корреспондент ВАСХНИЛ, доктор биологических наук, профессор **В. И. Георгиевский**, кандидат биологических наук, доцент **В. В. Лавровский**.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор **В. Ф. Вракин**; доктор биологических наук **Г. Д. Поляков**.

Ведущее предприятие — Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства.

Защита состоится « *8* » *декабря* . . . 1980 года в « *16³⁰* » часов на заседании Специализированного совета Д120.35.06 при Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева.

Адрес: 127550, г. Москва, И-550, ул. Тимирязевская, 49, Ученый совет ТСХА.

С диссертацией можно ознакомиться в ЦНБ ТСХА.

Автореферат разослан « *5* » *ноября* . . . 1980 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета
доцент

В. А. Александров — **В. А. Александров**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ:

Актуальность темы. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 17 августа 1978 г. «О мерах по дальнейшему развитию рыбоводства и увеличению вылова рыбы в пресноводных водоемах страны» определено задание: довести производство рыбы в прудовых и озерных хозяйствах к 1985 году до 504 тыс. тонн.

В решении этой задачи значительную роль может сыграть форелеводство, дающее ценную продукцию при очень высокой концентрации производства на небольших площадях.

В настоящее время в форелеводстве широкое распространение получают методы промышленного выращивания рыбы в помещениях закрытого типа, в живорыбных цехах и садковых хозяйствах круглогодичного действия с использованием теплых сбросных вод ТЭС и АЭС. Разработаны установки башенного типа для выращивания форели. Все это ведет к коренным изменениям сложившейся системы выращивания рыбы. При этом резко изменяются условия выращивания, в частности, продолжительность и интенсивность естественного освещения в рыбоводных сооружениях.

В то же время появляется возможность использовать в помещениях и специальных сооружениях искусственное освещение.

Регулирование световых режимов нашло широкое распространение в животноводстве и птицеводстве, что позволяет круглогодично получать максимальную продукцию от животных и птиц.

Искусственное освещение в индустриальном рыбоводстве остается почти неиспользуемым приемом повышения продукции. Поэтому изучение влияния света на биологические и хозяйственные показатели и определение параметров световых режимов при выращивании рыбы приобретает большое значение, особенно при получении высококачественного и физиологически полноценного рыбопосадочного материала в рыбоводных сооружениях индустриальных хозяйств в условиях ограниченной естественной освещенности.

Цель работы.

В задачи исследований входило изучение закономерностей роста, некоторых морфо-физиологических и рыбоводных показателей у молоди радужной форели в зависимости от различной продолжительности и интенсивности освещения, а также определение предварительных параметров освещенности в рыбоводных сооружениях при выращивании радужной форели (на первом году жизни).

Научная новизна работы.

Получены данные, характеризующие особенности роста и развития молоди радужной форели при различных световых режимах.

Впервые экспериментально показано влияние продолжительности и интенсивности освещения на рост, обмен веществ, суточные ритмы газообмена и некоторые гематологические показатели у молоди радужной форели. Установлена большая роль светового фактора, как стимулятора роста рыбы на первом году жизни форели.

Определены оптимальные условия содержания рыбы, при которых можно эффективно применять регулируемые световые режимы в форелеводстве.

Предложен способ стимуляции роста молоди радужной форели путем применения дополнительного искусственного освещения в течение 12 час. в сутки с 07.00 до 19.00 час. интенсивностью 200—400 лк с автоматизацией освещения в производственных условиях с использованием ламп дневного света и автоматического реле времени 2РВМ.

Практическое значение работы.

Исследования показали, что дополнительное освещение в дневное время суток способствует увеличению роста молоди форели на 15—30% и улучшению общего состояния организма рыбы. Усиливаются обменные процессы, увеличивается количество гемоглобина и эритроцитов в крови рыб, повышается интенсивность эритропоэза.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы как один из путей получения высококачественного рыбопосадочного материала, в хозяйствах индустриального типа.

Апробация работы.

Опыты по изучению влияния различных условий освещения на молодь радужной форели проводились на форелевом хозяйстве «Сходня» Московской области в производственных условиях. В 1979 году в этом хозяйстве было внедрено для

промышленного выращивания молоди форели в помещении инкубационно-малькового цеха дополнительное освещение.

Основные положения работы были доложены на Всесоюзном совещании ихтиопатологов лососевых заводов СССР в 1978 году, на семинаре «Морское садковое хозяйство» в 1979 году на ВДНХ СССР, на научной конференции молодых ученых ТСХА в 1979 году, на Всесоюзной конференции по экологической физиологии рыб в 1979 году, г. Астрахань.

По результатам исследования опубликовано три статьи.

Объем работы. Диссертация изложена на 175 страницах машинописного текста с 35 таблицами, 14 иллюстрациями и состоит из введения, обзора литературы, результатов собственных исследований, выводов, рекомендаций и списка литературы, включающего 136 отечественных и 63 иностранных источника.

Материал и методика исследований

Экспериментальная работа выполнена на кафедре прудового рыбоводства ТСХА и на форелевом хозяйстве «Сходня» Московской области. Объектом исследований служила молодь радужной форели средней массой от 0,4—1,0 г до 7—8 г, полученная из икры, завезенной из центральной экспериментальной базы ГОСНИОРХ «Ропша» Ленинградской области.

Изучение влияния различной интенсивности и продолжительности освещения в 1977 и 1978 гг. на рост и морфологические показатели молоди радужной форели проводили при следующих световых режимах:

Вариант 1 (контроль) — естественное освещение поверхности мальковых бассейнов в помещении инкубационно-малькового цеха ф/х «Сходня», продолжительность светового дня 17—10 час., интенсивностью 0,001—500 лк.

Вариант 2 — дополнительное к естественному искусственное освещение в течение 12 часов в сутки с 07.00 до 19.00 часов, интенсивностью 200—400 лк, продолжительность светового дня 17—12 час., интенсивностью не выше 800 лк.

Вариант 3 — естественное освещение с 07.00 до 19.00 часов и дополнительное искусственное освещение в течение 12 час. в сутки с 19.00 до 07.00 часов, продолжительность светового дня 24 часа, интенсивностью 200—400 лк.

Вариант 4 — естественное освещение в течение 6—10 час. интенсивностью не выше 30 лк в 1977 году, естественное освещение в течение 10—14 часов с интенсивностью не выше 100 лк в 1978 г.

Молодь форели содержалась в производственных бассейнах площадью 5,0 м² и объемом 1,1 м³ в течение 75 дней. Выращивание при различных световых режимах продолжалось

по 60 дней. Плотность посадки рыбы во всех вариантах опыта была одинаковой — 18,2 тыс. шт./м³.

Ежегодно в опытах участвовало по 60 600 шт. молоди форели при посадке в бассейны с индивидуальным просчетом.

Выращивание молоди форели проходило в условиях первой в СССР промышленной системы оборотного водоснабжения с многократным использованием улучшенной артезианской воды (Лавровский, 1976).

Все условия содержания, за исключением условий освещения молоди радужной форели, во всех вариантах опыта были одинаковыми и способствовали нормальному росту рыбы.

В 1979 году в форелевом хозяйстве «Сходня» была проведена производственная проверка применения дополнительного освещения днем при выращивании 200 тыс. молоди форели. Также в течение 1977—1979 гг. в осенний период года выращивали 100—200 тыс. сеголсток форели при дополнительном освещении поверхности выростных прудов в утренние и вечерние часы.

Методы морфофизиологических и биохимических исследований

Для изучения особенностей роста молоди форели при различных световых режимах проводили контрольные ловы рыбы 3 раза в месяц. Из каждого варианта отбирали 5—10% молоди и, кроме группового, проводили индивидуальное взвешивание по 100—150 особей на электрических весах ВЛК-500.

Изучение линейного роста молоди проводили на основе измерения 1 раз в декаду по 100 особей из каждого варианта по схеме, предложенной И. Ф. Правдиным (1966). Количественную зависимость между длиной и массой тела у молоди форели вычисляли по уравнению $P = aL^b$, где P — масса рыбы (г), L — длина по Смитту (см), « a » и « b » — коэффициенты (Ищенко, 1967). Всего проведено индивидуальных взвешиваний и измерений 16 000.

Содержание сухого вещества, белка, жира, минеральных веществ и воды в теле и в кормах (280 проб) определяли по общепринятым методикам (Шербина, 1971, Лебедев, Усович, 1976). Среднесуточные приросты массы тела и питательных веществ рассчитывали по логарифмической формуле (Винберг, 1956). Для расчета количества отдельных питательных веществ в единице прироста использовали формулу, предложенную М. А. Шербиной (1975).

Влияние различных световых режимов на обмен веществ у молоди форели определяли на основе данных 14 специальных суточных опытов (Строганов, 1962, Liao, 1971). Данные по газообмену приведены для удобства сравнения к 15° по нормальной кривой Крога (Винберг, 1956).

По данным суточных опытов по изучению газообмена, рассчитывали относительные показатели энергетического баланса у молоди радужной форели; определяли траты энергии на обменные процессы ($T_1\%$), количество ассимилированной пищи ($P\%$), коэффициенты использования усвоенной пищи на рост (K_2) и на обменные процессы (K_1) (Ивлев, 1939; Винберг, 1956)

Характер зависимости между общим обменом веществ, выделением аммиака и массой рыбы определяли по уравнению: $Q = aP^b$, где Q — потребление кислорода или выделение аммиака в мг в час одной рыбой, P — масса рыбы (г), « a » — коэффициент, численно равный уровню потребления кислорода или выделения аммиака рыбой, имеющей массу 1 г, « b » — коэффициент, указывающий, в какую сторону и с какой интенсивностью изменяются обменные процессы при увеличении массы рыбы (Винберг, 1956).

Гематологические определения проведены по общепринятым методикам (Голодец, 1954; Остроумова, 1957; Коржув, 1962; Пучков, 1962; Крылов, 1974) — 600 определений.

Кровь для анализа отбирали у рыб из каждого варианта 3 раза за период опыта, из хвостовой артерии путем обрезания хвостового стебля. Морфологию клеток крови определяли по классификации, описанной И. Н. Остроумовой (1957).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Увеличение массы тела молоди форели при различных световых режимах

В 1977 году за период постоянного воздействия различных световых режимов (2 месяца) масса молоди в контрольном бассейне (вариант 1) увеличилась на 447%, в варианте 2 — на 527%, в варианте 3 — на 537%, в варианте 4 за один месяц выращивания всего на 184%. Прирост массы по отношению к контролю составил в варианте 2 — 118%, в варианте 3 — 120%, в варианте 4 — 82% (табл. 5).

Среднесуточная скорость роста к концу опыта во всех вариантах закономерно снижается, но в вариантах 2 и 3 она на 10% выше, чем в контроле, в котором, в свою очередь, она выше на 30% по сравнению с вариантом 4. Конечная средняя масса молоди в вариантах 2 и 3 (соответственно 7,0 и 6,9 г) превысила контроль на 17,2 и 13,4%. Средняя масса молоди в контроле, в свою очередь, была выше на 17,0%, чем в варианте 4 (4,9 г). Различия по средней массе между вариантами 1 и 2, 1 и 3, 1 и 4 были достоверными при $P = 0,999$.

В 1978 году, как и в 1977 году, дополнительное освещение также оказало положительное воздействие на рост молоди форели. Максимальные различия по средней массе рыбы между вариантами 1, 2 и 3 проявились к 50-му дню опыта. Сред-

няя масса молоди в вариантах 2 и 3 превысила контроль на 16—17% и разница была достоверной при $P=0,95$. В варианте 4 уровень освещения был выше, чем в 1977 году, что положительно отразилось на скорости роста молоди форели. Прирост массы тела за период выращивания составил 425% против 408% в контроле. В варианте 3 прирост массы составил 426%, а наибольший прирост был в варианте 2 — 537% (табл. 5). Молодь форели, выращенная при дополнительном освещении днем, превосходила молодь из других вариантов и по среднесуточной скорости роста. Среднесуточный прирост массы составил 3,3% против 2,8% в варианте 3 и 2,7% в контроле и в варианте 4.

Проведение однофакторного дисперсионного анализа позволило выявить три уровня влияния условий освещения на рост молоди форели. Низкий уровень влияния фактора света 4—18% приходится на период ее адаптации к различным световым режимам, который продолжается в течение первых 20 дней выращивания. Затем доля фактора света как стимулятора роста возрастает до 96% и 68%. Столь высокое стимулирующее действие света продолжается в различных вариантах 30—50 дней и уменьшается в результате угнетающего роста воздействия продуктов метаболизма рыбы при возрастании общей массы до 60—65 кг/м³. В условиях дальнейшего увеличения ихтиомассы выше указанного уровня (до 60—100 кг/м³) стимулирующее рост рыбы действие света сокращается до 18%.

Линейный рост молоди форели и его связь с массой тела

Рост молоди форели в длину подвержен тем же закономерностям, что и увеличение массы тела. Во всех вариантах опыта между длиной и массой тела молоди установлена тесная взаимосвязь (коэффициент корреляции 0,992—0,999).

Определена количественная зависимость между массой тела и длиной молоди форели, выращенной при различных световых режимах, которая выражается следующими уравнениями:

| | 1977 год | 1978 год |
|-----------|-------------------|---------------------|
| Вариант 1 | $P=0,008L^{3,61}$ | $P=0,018L^{2,97}++$ |
| Вариант 2 | $P=0,003L^{3,73}$ | $P=0,011L^{3,16}++$ |
| Вариант 3 | $P=0,009L^{3,35}$ | $P=0,011L^{3,13}++$ |
| Вариант 4 | $P=0,002L^{4,0}$ | $P=0,017L^{2,83}++$ |

Наибольшей скоростью увеличения массы тела по отношению к длине характеризуется молодь, выращенная при дополнительном искусственном освещении (варианты 2 и 3). Разница достоверна при $P=0,95^{++}$.

Содержание пластических веществ в теле молоди форели

Испытанные световые режимы не оказали существенного влияния на химический состав тела молоди форели. Однако в течение опыта выявлены периоды чередования увеличения и снижения содержания пластических веществ в теле рыбы (таблица 1). Так, в 1977 году в вариантах 1, 2 и 3 содержание сухого вещества в теле молоди увеличивается с 17—18% до 21—23%, затем его содержание незначительно снижается. К концу выращивания содержание сухого вещества в теле молоди во всех вариантах увеличивается, но в вариантах 2 и 3 его содержание на 2—5% больше, чем в контроле и в варианте 4 (табл. 1).

Таблица 1
Химический состав тела молоди радужной форели, 1977 год (%)

| Дата | Вариант | Сухое вещ-во, % | На сырое вещество | | | На сухое вещество | | |
|-------|---------|-----------------|-------------------|------|------|-------------------|-------|-------|
| | | | белок | жир | зола | белок | жир | зола |
| 21.06 | I | 17,40 | 11,84 | 3,32 | 1,72 | 68,04 | 19,09 | 9,90 |
| | II | 18,20 | 12,08 | 3,15 | 1,73 | 66,38 | 17,33 | 9,50 |
| | III | 17,60 | 12,20 | 2,86 | 1,75 | 69,34 | 16,28 | 9,93 |
| 21.07 | I | 23,10 | 13,59 | 6,03 | 2,27 | 58,88 | 26,09 | 9,84 |
| | II | 21,70 | 12,79 | 5,86 | 2,10 | 58,97 | 28,02 | 9,69 |
| | III | 22,00 | 13,71 | 5,22 | 2,24 | 62,39 | 23,43 | 10,18 |
| 1.08 | I | 21,84 | 13,21 | 5,56 | 2,44 | 60,45 | 25,43 | 11,12 |
| | II | 21,97 | 13,19 | 5,80 | 2,26 | 60,05 | 26,41 | 10,32 |
| | III | 21,33 | 12,29 | 5,87 | 2,13 | 57,60 | 27,58 | 9,88 |
| | IV | 22,98 | 14,12 | 6,35 | 2,27 | 61,43 | 27,01 | 9,87 |
| 31.08 | I | 24,67 | 14,15 | 7,40 | 2,39 | 57,25 | 30,03 | 9,51 |
| | II | 26,03 | 14,85 | 7,78 | 2,48 | 57,00 | 29,95 | 9,52 |
| | III | 25,13 | 14,20 | 7,75 | 2,40 | 56,53 | 30,85 | 9,57 |
| | IV | 24,59 | 14,30 | 7,22 | 2,33 | 58,12 | 29,30 | 9,46 |

Если химический состав тела рыбы по вариантам отличается незначительно, то среднесуточная скорость прироста пластических веществ у молоди форели в большей степени зависит от условий освещения. Например, в 1977 году, в период адаптации рыбы к световым режимам, среднесуточные приросты сухого вещества, белка и жира в контроле на 0,5—2% выше, чем в других вариантах. В период интенсивного роста молоди в вариантах 2 и 3 среднесуточные приросты пластических веществ на 2—3% выше, чем в контроле. В конце выращивания во всех вариантах опыта среднесуточные приросты сухого вещества, белка и жира уменьшаются, особенно

в варианте 2, что связано с более высокой общей ихтиомассой в этом варианте.

В 1978 году более высокая нагрузка по ихтиомассе в бассейнах привела к снижению среднесуточных приростов пластических веществ у молоди форели во всех вариантах по сравнению с 1977 годом. Однако во всех вариантах опыта отмечены те же закономерности изменения среднесуточных приростов пластических веществ у молоди форели, вызванные воздействием различных световых режимов и неодинаковой общей массой рыбы в бассейнах.

Содержание пластических веществ в единице прироста также указывает на неодинаковый характер накопления сухого вещества, белка и жира в теле молоди, выращенной при различной освещенности. В 1977 году за весь период опыта самое высокое содержание сухого вещества в приросте было в варианте 2 (28,9%), при дополнительном освещении в дневной период суток.

В 1978 году по содержанию сухого вещества, белка и жира варианты 1 и 2 различаются незначительно. В варианте 3 их количество ниже, чем в контроле. В варианте 4 молодь по содержанию пластических веществ в единице прироста уступает лишь варианту 2. Из рассмотренных световых режимов наиболее эффективным является дополнительное искусственное освещение в дневной период суток (вариант 2).

Интенсивность потребления кислорода молодь форели при различных световых режимах

Во всех вариантах опытов отмечено два уровня потребления кислорода молодь форели в течение суток — «вечерний» и «дневной». «Вечерний» уровень начинается в 14 час. и продолжается до 02 час. с максимумом в 16—20 час. «Дневной» (с 02 до 14 час.) не имеет явно выраженного максимума потребления кислорода. В середине опыта максимум потребления кислорода рыбой смещается с 16—20 час. на дневное время 12—16 час, но в вариантах 2 и 3 с дополнительным освещением интенсивность газообмена выше, чем в контроле и в варианте 4, особенно в период работы источников искусственного света. В конце опыта большое влияние на интенсивность потребления кислорода молодь форели оказывает величина ихтиомассы, продукты жизнедеятельности рыб и их масса тела.

На высокую зависимость между потребленным кислородом и массой тела рыбы указывают коэффициенты корреляции 0,902—0,994.

Подтверждением высокой зависимости газообмена от массы тела молоди, растущей с неодинаковой скоростью при раз-

личных световых режимах, являются коэффициенты «а» и «в» уравнением $Q = aP^b$, которые имеют следующий вид:

| | 1977 год | 1978 год |
|-----------|----------------------|----------------------|
| Вариант 1 | $Q = 0,554 P^{0,80}$ | $Q = 0,450 P^{0,81}$ |
| Вариант 2 | $Q = 0,700 P^{0,53}$ | $Q = 0,414 P^{0,50}$ |
| Вариант 3 | $Q = 0,743 P^{0,45}$ | $Q = 0,508 P^{0,72}$ |
| Вариант 4 | $Q = 0,374 P^{1,08}$ | $Q = 0,240 P^{0,83}$ |

Анализ криволинейной зависимости потребления кислорода молодью форели, растущей с неодинаковой скоростью, показал, что у быстрорастущих особей (вариант 2 и 3) потребление кислорода по мере роста рыбы возрастает медленнее, чем увеличивается масса их тела.

Интенсивность выделения азота аммиака молодью форели

Суточный ритм выделения азота аммиака молодью форели так же, как и интенсивность потребления кислорода, находится в тесной зависимости от условий освещения. При дополнительном искусственном освещении (варианты 2 и 3) увеличивается интенсивность выделения аммиака. Так, в вариантах 2 и 3 аммиака выделяется значительно больше (166,8 мг N/кг час и 174,7 мг N/кг час), чем в контроле (97,7 мг N/кг час) и в варианте 4 (53,7 мг N/кг час). В конце выращивания интенсивность выделения аммиака молодью форели в значительной мере определяется увеличением количества метаболитов в бассейнах, а не условиями освещения, что подтверждается также наблюдениями за суточным ритмом потребления кислорода.

Полное представление о зависимости выделения аммиака молодью от условий освещения дают следующие уравнения:

| | |
|-----------|-----------------------|
| Вариант 1 | $Q = 0,0801 P^{0,75}$ |
| Вариант 2 | $Q = 0,0920 P^{0,70}$ |
| Вариант 3 | $Q = 0,1072 P^{0,61}$ |
| Вариант 4 | $Q = 0,0259 P^{1,30}$ |

Более высокая интенсивность выделения аммиака молодью отмечена в вариантах 2 и 3 («а» = 0,0920 и 0,1072 мг N/кг час против 0,0801 и 0,0259 мг N/кг час в контроле и в варианте 4). Уменьшение коэффициента «в» в вариантах 2 и 3 указывает на преобладание процессов накопления азота в теле рыбы в этих вариантах по сравнению с контролем при естественном освещении.

Энергетический баланс у молоди форели при различных световых режимах

Относительные показатели энергетического баланса у молоди форели представлены в таблице 2. В 1977 году применение дополнительного освещения в дневное время суток в среднем за весь период опыта не оказало существенного влия-

Таблица 2

Относительные показатели энергетического баланса
у молоди радужной форели при различной освещенности

| Вариант | Вариант 1 | | | Вариант 2 | | | Вариант 3 | | | Вариант 4 | | |
|-------------|-----------|--------------------|------|-----------|--------------------|------|-----------|--------------------|------|-----------|--------------------|------|
| | T, % | K ₂ , % | P, % | T, % | K ₂ , % | P, % | T, % | K ₂ , % | P, % | T, % | K ₂ , % | P, % |
| 1977 год | | | | | | | | | | | | |
| 29.0—612.07 | 4,5 | 58,9 | 10,8 | 4,6 | 50,0 | 9,1 | 4,8 | 46,8 | 9,0 | — | — | — |
| 12.07—22.08 | 3,2 | 53,5 | 6,8 | 3,0 | 59,6 | 7,6 | 3,3 | 47,8 | 6,7 | — | — | — |
| 29.06—22.08 | 3,6 | 55,3 | 8,2 | 3,6 | 56,4 | 8,1 | 3,8 | 47,5 | 7,5 | 2,9 | 48,5 | 5,5 |
| 1978 год | | | | | | | | | | | | |
| 3.07—15.08 | 2,7 | 52,8 | 4,7 | 2,9 | 63,7 | 6,7 | 3,0 | 50,1 | 5,3 | 1,7 | 75,3 | 5,3 |
| 15.08—29.08 | 1,5 | 59,5 | 4,1 | 1,8 | 57,4 | 4,4 | 2,0 | 44,1 | 4,2 | 1,6 | 63,3 | 3,9 |
| 3.07—29.08 | 2,4 | 58,0 | 4,7 | 2,6 | 62,1 | 6,3 | 2,7 | 53,3 | 5,4 | 1,7 | 69,9 | 4,8 |

ния на траты энергии корма на обменные процессы (Т%) и количество усвоенной пищи (Р%) молодь форели по сравнению с контролем. Однако в этом варианте коэффициент использования усвоенной пищи на рост (К₂) выше на 2%, чем в контроле, что объясняется более высокой скоростью роста рыбы при дополнительном освещении в дневное время суток. В варианте 3 применение дополнительного освещения в ночное время суток привело к большим тратам энергии на обменные процессы, чем в других вариантах, и соответствующему снижению коэффициента К₂. В варианте 4, несмотря на то, что траты на обмен самые низкие, коэффициент К₂ незначительно больше этого показателя в варианте 3 и уступает вариантам 1 и 2.

В 1978 году относительные показатели энергетического баланса у молоди форели подвержены тем же изменениям, что и в 1977 году (таблица 2). Из рассмотренных материалов следует, что по всем показателям энергетического баланса молодь форели из варианта 2 превосходит рыбу из остальных вариантов.

Гематологические показатели молоди форели, выращенной при различных световых режимах

У молоди, выращиваемой при различных световых режимах, количество эритроцитов и гемоглобина находилось в пределах нормы. По мере роста рыбы количество эритроцитов в крови молоди во всех вариантах возрастало (табл. 3). Напри-

Таблица 3

Количество гемоглобина, эритроцитов и эритропоэз у молоди радужной форели, 1977 год

| Варианты | Дата | Hb, г% | Эритроциты, млн/мм ³ | Нормо-бласты, % | Базо-филы | Полихро-матофиль-ные, % | Зрелые |
|---------------|-------|---------|---------------------------------|-----------------|-----------|-------------------------|--------|
| I контроль | 18.07 | 4,7±0,2 | 0,979±0,129 | 2,8 | 3,5 | 12,0 | 81,7 |
| | 17.08 | 5,3±0,4 | 0,740±0,060 | 1,9 | 3,1 | 26,8 | 68,2 |
| | 31.08 | 6,5±0,7 | 1,205±0,104 | 3,9 | 6,8 | 7,1 | 82,2 |
| II | 18.07 | 5,6±0,6 | 0,917±0,188 | 2,1 | 5,5 | 11,9 | 80,5 |
| | 17.08 | 6,5±0,3 | 0,852±0,086 | 2,9 | 1,9 | 37,6 | 57,6 |
| | 31.08 | 5,6±0,2 | 1,110±0,054 | 4,0 | 6,3 | 15,1 | 74,6 |
| III | 18.07 | 5,0±0,1 | 0,967±0,029 | 2,3 | 4,4 | 13,3 | 80,0 |
| | 17.08 | 6,9±0,3 | 0,793±0,115 | 3,0 | 5,0 | 29,8 | 62,2 |
| | 31.08 | 6,2±0,3 | 0,973±0,086 | 3,4 | 6,2 | 11,0 | 79,4 |
| IV садки | 17.08 | 6,1±0,2 | 0,675±0,110 | 4,7 | 8,3 | 32,8 | 54,2 |
| | 31.08 | 6,0±0,1 | 0,994±0,072 | 2,3 | 4,5 | 6,8 | 86,4 |

мер, концентрация гемоглобина в крови молоди в варианте 1 в 1977 году увеличилась с 4,7 г% до 6,5 г%, а в вариантах 2 и 3 его концентрация увеличивается до периода достижения ихтиомассы 60—65 кг/м³, а затем, под воздействием метаболитов, снижается. В варианте 4 количество гемоглобина в течение опыта почти не изменяется.

Повышение обмена веществ у молоди форели при дополнительном освещении привело к увеличению количества незрелых эритроцитов в крови рыб. В вариантах 2 и 3 их количество в течение всего периода на 7—10% больше, чем в контроле и в варианте 4.

В 1979 году гематологические показатели молоди были подвержены таким же изменениям, как и в предыдущем году.

Среди клеток белой крови у молоди форели всех групп в 1977 и в 1978 гг. преобладают лимфоциты (94—99%) и лишь 1—6% приходится на полиморфноядерные лейкоциты и моноциты. Изменение условий освещения за относительно короткий промежуток времени не оказало существенного влияния на количество лейкоцитов и лейкоцитарную формулу крови молоди. Выращенную при различных световых режимах молодь радужной форели можно считать физиологически полноценной (таблица 3).

Рыбоводные показатели

Условия освещения оказывают большое влияние на эффективность выращивания рыбопосадочного материала радужной форели. В 1977 году при естественном освещении (вариант 1) получено 76,7 кг/м³ молоди форели за 70—75 дней выращивания. Этот показатель в 2,2 раза превышает нормативы отечественного форелеводства по выращиванию молоди форели и, как показал опыт, не является пределом в условиях обратного водоснабжения с многократным использованием улучшенной артезианской воды. Применение дополнительного освещения в дневное время суток в течение 12 часов (вариант 2) позволило превысить достигнутый уровень продукции на 11,6% и получить 85,6 кг/м³ за тот же период выращивания. Применение дополнительного освещения в ночной период суток (вариант 3) также позволяет повысить уровень рыбопродукции на 3,4% по отношению к контролю. Выращивание молоди форели при интенсивности освещения не более 30 лк и продолжительности светового дня 6—10 час. привело к снижению уровня рыбопродукции на 39% в сравнении с контролем.

В 1978 году до достижения величины ихтиомассы в бассейнах 60—65 кг/м³ дополнительное освещение (варианты 2 и 3) позволило получить дополнительный прирост рыбопродукции (16—17%), но в дальнейшем происходило уменьше-

ние различий между вариантами. В конце опыта во всех вариантах уровень рыбопродукции превысил 80 кг/м³ и различия между вариантами были незначительными — 1—2%.

В варианте 2 с дополнительным освещением днем по сравнению с другими вариантами молодь форели эффективнее использовала корм на прирост. Снижение кормовых затрат по сравнению с контролем составило 9—10%.

Однако при дополнительном освещении повышается агрессивность молоди, что приводит к снижению ее выживаемости на 2—5% по сравнению с контролем. Во избежание потерь молоди форели в условиях повышенной освещенности необходимо ее ежемесячно сортировать, начиная с достижения средней массы 2 г.

В 1979 году при проведении производственной проверки выращивания молоди в условиях с дополнительным освещением днем подтвердилась экономическая эффективность применения искусственного света. За один месяц выращивания молоди радужной форели при дополнительном освещении масса рыбы увеличилась на 30% больше, чем в контроле, а

Таблица 4

Результаты выращивания молоди радужной форели при различных световых режимах

| Вариант | Посадка | | | Выход | | | Рыбопродукция, кг/м ³ | Затраты корма, кг на 1 кг прироста |
|------------|---------|------|------------|-------|------------|--------------|----------------------------------|------------------------------------|
| | тыс. | кг | сп. вес, г | кг | сп. вес, г | % от посадки | | |
| 1977 год | | | | | | | | |
| 1 | 20,0 | 8,0 | 0,4 | 94,3 | 5,8 | 99,4 | 76,7 | 5,6 |
| 2 | 20,0 | 8,0 | 0,4 | 106,2 | 7,0 | 95,1 | 85,6 | 5,1 |
| 3 | 20,0 | 8,0 | 0,4 | 97,5 | 6,9 | 96,6 | 79,3 | 5,5 |
| 4 | 0,3 | 0,54 | 1,8 | 1,24 | 4,9 | 99,0 | 46,6 | 6,0 |
| 1978 год | | | | | | | | |
| 1 | 20,0 | 20,0 | 1,0 | 109,5 | 7,2 | 91,8 | 81,4 | 5,7 |
| 2 | 20,0 | 14,0 | 0,7 | 105,4 | 7,6 | 87,3 | 83,1 | 5,2 |
| 3 | 20,0 | 16,0 | 0,8 | 106,7 | 7,5 | 86,7 | 82,5 | 5,8 |
| 4 | 0,3 | 0,3 | 1,0 | 2,6 | 7,3 | 97,0 | 81,2 | 6,9 |
| 1979 год * | | | | | | | | |
| 1 | 20,0 | 22,1 | 1,1 | 50,4 | 2,7 | 93,0 | 25,7 | 5,0 |
| | 20,0 | 17,7 | 0,9 | 55,3 | 3,1 | 91,0 | 34,2 | 3,8 |
| 2 | 20,0 | 22,8 | 1,1 | 65,0 | 3,4 | 98,5 | 38,4 | 3,4 |

* Рыба выращивалась в течение 1 месяца.

уровень рыбопродукции возрос на 33—49%, затраты тестообразного корма снизились на 24—30%. Дополнительный прирост продукции при выращивании 200,0 тыс. молоди форели составил 116 кг на сумму 754 руб. Окупаемость дополнительного оборудования составила 10 дней.

Выводы

1. Уровень естественной освещенности в помещениях инкубационно-мальковых цехов недостаточен и не способствует проявлению всех биологических возможностей роста молоди радужной форели. Использование дополнительного искусственного освещения интенсивностью 200—400 лк лампами ЛДЦ-40 в течение 12 часов (с 7.00 до 19.00 час.) позволяет создать оптимальные условия выращивания рыбы.

2. Дополнительное освещение в дневное время суток стимулирует рост молоди форели. По средней массе молодь превышает контроль на 17% (7,0 г против 5,8 г). Молодь в этом варианте характеризуется наибольшей скоростью увеличения массы тела по отношению к скорости роста рыб в длину.

3. На содержание сухого вещества, белка, жира и минеральных веществ в теле молоди форели дополнительное освещение существенного влияния не оказало, но среднесуточные приросты пластических веществ были на 15—30% выше, чем в контроле.

4. При дополнительном освещении днем увеличивается среднесуточная интенсивность потребления кислорода молодью форели на 13—17% и выделение аммиака — на 15%.

5. Относительные показатели энергетического баланса у молоди форели, выращиваемой при дополнительном освещении днем, выше, чем в контроле, при естественном освещении. Коэффициент использования ассимилированной пищи на рост выше на 1,1—4,1% по отношению к контролю при незначительном увеличении трат энергии на обменные процессы.

6. При дополнительном освещении в дневное время суток в крови молоди форели увеличивается концентрация гемоглобина на 3—10%, количество эритроцитов — на 3—10% и усиливается эритропоэз. Количество зрелых эритроцитов на 7,6—10,6% меньше, чем в контроле. На количество лейкоцитов и лейкоцитарную формулу крови рыб условия освещения существенного влияния не оказали.

7. Использование дополнительного освещения в дневной период суток позволяет увеличить рыбопродукцию молоди форели на 11,6% и снизить затраты тестообразного корма на 9—10% по отношению к контролю. Однако выход молоди после выращивания снижается на 4—5% за счет каннибализма.

Во избежание потерь молоди форели от каннибализма в период выращивания необходима ежемесячная сортировка, начиная со средней массы рыбы 2 г.

8. Применение искусственного освещения в ночной период суток с 19.00 до 7.00 час. интенсивностью 200—400 лк с естественным освещением днем также способствует увеличению роста молоди радужной форели. Средняя масса рыбы на 13—17% превышает контроль. Содержание питательных веществ в единице прироста ниже, чем в контроле. Интенсивность потребления кислорода и выделение аммиака на 30% выше по отношению к контролю. Траты энергии корма на обменные процессы увеличиваются; коэффициент использования ассимилированной пищи на рост снижается. Уровень рыбопродукции увеличивается на 3,4%, а затраты корма незначительно отличаются от контроля.

9. Выращивание молоди форели при интенсивности освещения не выше 30 лк и продолжительности светового дня 6—10 час. приводит к замедлению роста рыбы на 18% по отношению к контролю. Снижается содержание пластических веществ в приросте, ухудшаются показатели энергетического обмена у молоди форели, что приводит к снижению уровня рыбопродукции на 39% и увеличению затрат корма на прирост на 7%.

10. При выращивании молоди форели при низкой интенсивности освещения (до 100 лк) и продолжительности светового дня 10—14 час. рост рыбы не уступает контролю; по содержанию питательных веществ в единице прироста и скорости их накопления, а также по показателям энергетического баланса она превосходит контрольную группу. Уровень рыбопродукции равен контролю при затратах корма на прирост на 21% больше, чем в контроле.

11. Изучение характера роста молоди форели при различных световых режимах позволило установить большую роль светового фактора как стимулятора роста рыбы. Положительное воздействие света на рост молоди форели проявляется при оптимальных условиях выращивания и после периода адаптации рыбы, который продолжается в течение 20 дней. Доля света как стимулятора роста в период адаптации составляет 4—18%, в период интенсивного роста рыбы возрастает до 68—96%. При достижении общей массы рыбы в бассейнах выше 60—65 кг/м³ положительное влияние дополнительного освещения на рост молоди уменьшается до 18%, в этот период большое влияние на рост рыбы оказывают величина ихтиомассы и продукты жизнедеятельности молоди форели.

Необходимо дальнейшее изучение воздействия различных

световых режимов на рост и морфологические показатели молоди и другие возрастные группы радужной форели с учетом условий содержания (кормления, водообмена, гидрохимического режима и прозрачности воды).

По теме диссертации опубликованы следующие работы

1. Выращивание молоди радужной форели при различных световых режимах. Известия ТСХА, 1979, вып. 2, стр. 157—163 (в соавторстве).
2. Стимуляция роста молоди радужной форели дополнительным освещением. «Рыбное хозяйство», 1979, № 5, стр. 21—23.
3. Гематологические показатели молоди радужной форели, выращенной при различной освещенности. В сб. Тезисов докладов на Всесоюзной конференции по экологической физиологии и биохимии рыб. Астрахань, 1979, том I, стр. 160.

Л 41922 28/IV—80 г. Объем 1 п. л. Заказ 910. Тираж 100

Типография Московской с.-х. академии им. К. А. Тимирязева
127550, Москва И-550, Тимирязевская ул., 44