

УДК 639.211.3.07

РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ, ВЫРАЩЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО КИСЛОРОДА

В. В. ЛАВРОВСКИЙ, Ю. И. ЕСАВКИН, В. П. ПАНОВ, Н. Н. КАПАЛИН

(Кафедра прудового рыбоводства)

Одним из наиболее эффективных методов интенсификации рыбоводства является использование технического кислорода для улучшения качества воды, поскольку содержание растворенного кислорода в ней лимитирует рост рыб при высоких плотностях посадки.

Накопленный опыт свидетельствует о том, что искусственное перенасыщение воды кислородом в определенных границах (до 200 % насыщения) не оказывает отрицательного влияния на организм рыб, позволяет снизить затраты корма и увеличить прирост рыбы [4, 6, 15, 20]. При этом повышение концентрации кислорода в воде может до некоторой степени нейтрализовать действие ядовитых для рыб продуктов обмена веществ и их окисления и снизить токсичность аммиака [8, 19].

Исследования показали, что при избытке кислорода в воде (25—35 мг/л) снижается гибель икры, ускоряется рост и развитие эмбрионов форели [10], повышается пластический обмен у рыб [7, 15].

За рубежом технический кислород применяется в промышленном рыбоводстве довольно широко. Различные типы циркуляционных рыбоводных установок (Штелерматик, Силокс) эксплуатируются при содержании кислорода в воде 15—35 мг/л [1]. Наиболее эффективно использование в рыбоводстве сжиженного кислорода [20], прежде всего при оборотном или замкнутом водоснабжении, но не экономично при прямом [18]. Применение технического кислорода позволяет снизить удельные расходы воды при выращивании карпа с 0,01 до 0,0013 л/с·кг, а также значительно уменьшить затраты энергии (они в 5 раз

ниже, чем при использовании воздуха) [17].

Данных об оптимальных уровнях перенасыщения воды кислородом при длительном выращивании молоди радужной форели в литературе недостаточно.

Целью нашей работы являлось изучение различных рыбоводно-биологических показателей при длительном выращивании молоди радужной форели в воде с различной концентрацией кислорода.

Схема опыта следующая (табл. 1): вариант I (контроль) — содержание кислорода 80—110 % насыщения, характерное для рыбоводных хозяйств; II — 150 % насыщения; III — 150—200 % насыщения воды кислородом и сниженные в 2—3 раза удельные расходы воды; IV — 200 % насыщения; V — 150 % насыщения и повышенный уровень кормления.

Исследования проводились в форелевом хозяйстве «Сходня» Московской области с 23 июня по 9 сентября (78 дней) в 1981 г. и с 22 июня по 27 августа (70 дней) в 1982 г. Всего в опытах использовали 37,6 тыс. шт. молоди форели. Повторность опытов 2-кратная, молодь форели содержалась в бассейне, разделенном на 10 секций, объемом по 0,11 м³ каждая.

В варианте I вода подавалась из системы оборотного водоснабжения (СОВ) инкубационно-малкового цеха [4], в остальных, кроме воды из СОВ, подавалась вода, обогащенная кислородом в специальном устройстве — оксигенаторе [6].

Кормление молоди осуществлялось пастообразными кормами по прописи ГосНИОРХ 6—8 раз в сутки [11].

Схема опыта в 1981 и в 1982 гг.

Вариант	Год исследования	Посадка рыбы			Расход воды, л/с·кг	Содержание кислорода в воде на входе, мг/л
		шт.	средняя масса, г	общая, кг		
I (контроль)	1981	2200	1,48	3,26	0,05—0,04	8—9
	1982	2000	0,18	0,37	0,08—0,04	8—11
II	1981	2200	1,39	3,05	0,05—0,04	15—16
	1982	2000	0,18	0,37	0,08—0,04	12—18
III	1981	2200	1,44	3,14	0,017—0,013	18—19
	1982	2000	0,18	0,37	0,03—0,015	12—18
IV	1981	2200	1,31	2,88	0,05—0,04	19—20
	1982	2000	0,18	0,37	0,08—0,04	16—23
V	1982	2000	0,18	0,37	0,08—0,04	12—18

В период опыта ежедневно измеряли температуру воды, определяли содержание в ней кислорода (по Винклеру [13] и с помощью оксиметров Аква-Л и Оксимет-1), а также расходы воды.

Контроль за ростом молоди осуществляли 2—3 раза в месяц, для чего отлавливали часть или всю рыбу в секциях. Среднесуточные приросты рассчитывали по логарифмической формуле [2].

Гематологические показатели у молоди определяли общепринятыми методами [9].

Методом физического анализа были найдены массы различных морфофизиологических структур тела рыб [3]. Выделенные органы и части тела взвешивали на торсионных и электрических весах ВЛК-500. Полученные данные обрабатывали методами вариационной статистики [12]. Результаты выращивания молоди форели приведены в табл. 2 и 3 в среднем по двум секциям каждого варианта опыта.

Рыбоводные показатели. При повышенных концентрациях кислорода (150—200 % насыщения) молодь росла лучше, чем в контроле (80—110 % насыщения). В 1981 г. наибольший среднесуточный прирост массы тела молоди в вариантах IV и II составил соответственно 2,5 и 2,45 % против 2,15 % в варианте I. Средняя масса тела молоди в этих вариантах в конце опыта (табл. 2) была на 17

и 15 % выше по сравнению с контролем. В этих вариантах получена и самая высокая ихтиомасса (178,4 и 168,4 кг/м³ против 154,7 кг/м³ в контроле). Увеличение ихтиомассы в вариантах II и IV на 15,3 и 8,9 % в конце опыта при высоких концентрациях кислорода в воде обусловило более высокий уровень рыбопродукции, которая на 24,8 и 13 % выше, чем в контроле, что значительно (в 2—3 раза) превышает действующие нормативы (35 кг/м³).

Молодь радужной форели, выращиваемая при повышенных концентрациях кислорода в воде (150—200 % насыщения), более эффективно использовала пастообразные корма на прирост, затраты которых при одинаковом уровне кормления были на 26 и 20,4 % меньше, чем в контроле. Отход рыбы в период выращивания в 1981 г. оказался наименьшим (3,9 %) в варианте II, в варианте IV он был несколько больше, чем в варианте I. Увеличение отхода молоди при 200 % насыщения воды кислородом, по-видимому, обусловлено исключением слабых, отстающих в росте особей более крупными, сильными. Улучшение кислородного режима способствует усилению каннибализма у молоди форели, что было отмечено нами ранее при оптимизации режима освещения [5].

В 1982 г. при выращивании молоди форели с меньшей начальной массой (0,18 против 1,3—1,5 г) получены аналогичные результаты: в вариантах II и IV средняя

Таблица 2

Результаты выращивания молоди радужной форели при различных концентрациях кислорода в воде

Вариант	Год	Облов		Выход, % от посадки	Рыбопродукция		Затраты корма	
		средняя масса, г	кг/м ³		кг/м ³	% к контролю	кормовой коэффициент	% к контролю
I (контроль)	1981	7,94	154,7	94,6	125,8	100,0	4,66	100,0
	1982	4,08	62,3	85,9	58,9	100,0	4,17	100,0
II	1981	9,28	178,4	96,1	150,7	124,8	3,45	74,0
	1982	4,13	68,2	92,8	64,8	110,1	3,79	91,0
III	1981	8,27	145,7	88,0	116,9	92,9	5,10	109,4
	1982	3,82	61,4	90,2	58,0	98,5	4,24	101,7
IV	1981	9,17	168,4	91,8	142,2	113,0	3,71	79,6
	1982	4,93	70,5	80,6	67,1	113,9	3,66	87,9
V	1982	4,51	68,2	85,1	64,8	110,0	5,57	133,6

Относительная масса (% от массы тела) некоторых органов молоди радужной форели в 1981 г. (в числителе) и 1982 г. (в знаменателе)

Показатель	Вариант				
	I	II	III	IV	V
Порка	81,8±0,8	79,1±0,2	82,2±0,8	77,4±1,4	—
	76,9±1,2	76,4±1,4	—	76,1±1,5	75,6±1,8
Печень	1,9±0,1	2,5±0,1	2,09±0,1	2,3±0,1	—
	1,8±0,1	1,9±0,1	—	2,1±0,1	1,9±0,1
Сердце	0,25±0,03	0,2±0,02	0,25±0,04	0,21±0,01	—
	0,18±0,01	0,2±0,02	—	0,16±0,01	0,16±0,01
Селезенка	0,18±0,02	0,17±0,04	0,18±0,05	0,14±0,02	—
	0,07±0,01	0,07±0,01	—	0,09±0,01	0,06±0,004
Жабры	6,49±0,84	5,17±0,37	5,94±0,56	4,60±0,59	—
	4,44±0,25	3,78±0,22	—	3,76±0,09*	3,93±0,22

* Разница достоверна при $P < 0,05$.

масса молоди в конце выращивания была на 1,2—20,8 %, нагрузка икhtiомассы — на 9,5—13,2 и уровень рыбопродукции — на 10—13 % выше, чем в контроле, а затраты корма на прирост — на 9—12 % меньше. Отход молоди во всех вариантах был на 3—11 % больше. Причем самый высокий выход (92,8 %) также отмечен в варианте II, а самый низкий (80,6 %) — в варианте IV. Увеличение отхода молоди в последнем случае вызвано, как и в 1981 г., усилением каннибализма.

Снижение удельных расходов воды в 2—3 раза (вариант III) в среднем за 2 года исследований (с 0,04 до 0,015 л/с·кг) при содержании кислорода в воде 150—200 % насыщения не привело к ухудшению роста и увеличению отхода молоди по сравнению с контролем (табл. 2). Среднесуточный прирост массы тела находился на уровне 2,15 % в 1981 г. и 4,47 % в 1982 г. и незначительно отличался от контроля. Нагрузка икhtiомассы и уровень рыбопродукции соответственно были ниже на 5,9—1,4 и 1,5—7,1 %, а затраты пастообразного корма — на 1,7—9,4 % выше, чем в варианте I. Указанные различия вариантов III и I несущественны.

В варианте V (выращивание молоди при насыщении воды кислородом 150—200 % и увеличенной норме кормления) среднесуточный прирост составил 4,65 % против 4,55 % в варианте I, средняя масса молоди в конце выращивания была на 16,5 %, уровень икhtiомассы и рыбопродукции на 9,5 и 10 % больше, чем в контроле, при одинаковом выходе рыбы (85,9 и 85,1 % соответственно в вариантах I и V). Однако затраты пастообразного корма превышали его затраты в контроле на 33,6 %. Таким образом, увеличение суточного рациона молоди форели с 14—20 до 20—27 % от массы тела при повышенных концентрациях кислорода в воде нецелесообразно, поскольку не приводит к пропорциональному приросту рыбопродукции.

Интерьерные показатели. Известно, что относительная масса внутренних органов животных изменяется в зависимо-

сти от условий среды [14, 16]. Кислородный режим как важный фактор существования водных животных также должен, видимо, влиять на развитие различных органов рыб.

В 1981 г. относительная масса порки (масса тела без внутренностей) в вариантах II и IV была ниже, чем в контроле (разница соответственно 2,7 и 4,4 %), в варианте III этот показатель лишь незначительно превышал контроль. В 1982 г. различия вариантов I, II и IV по относительной массе порки оказались несущественными; в варианте V она была немного ниже, чем в контроле (табл. 3).

Отмечена тенденция к увеличению индекса печени с повышением концентрации кислорода. Так, в вариантах II и IV он на 4,9—30 % больше, чем в контроле. Это свидетельствует об усилении обмена веществ. Не выявлено закономерных различий относительной массы сердца и селезенки у рыб разных вариантов. Однако в вариантах II и IV индекс сердца несколько меньше, чем в контроле и в варианте III.

Заметно сильнее различались рыбы опытных вариантов по относительной массе жабр, что свидетельствует о неодинаковом развитии их дыхательного аппарата. Отмечено постепенное уменьшение относительной массы жабр в вариантах II, III, IV, причем различия между контролем и вариантом IV (200 % насыщения) в 1982 г. достоверны ($P < 0,05$). Можно предположить, что при повышенном содержании кислорода в воде усиливается дыхательная функция кожных покровов рыбы, благодаря чему дыхательная функция жабр в какой-то мере может уменьшаться, что и ведет к снижению их относительной массы.

Гематологические показатели во всех вариантах опыта находились на уровне физиологической нормы. Концентрация гемоглобина в крови у молоди изменялась от 7,4 до 9,7 г%, количество эритроцитов — от 0,96 до 1,26 млн., лейкоцитов — от 25,4 до 44,6 тыс. в 1 мм³. Существенной разницы по этим показателям между вариантами опыта не наблюдалось.

Таким образом, повышение концентрации кислорода в воде до 200 % насыщения не оказало отрицательного воздействия на организм рыб; наоборот, оно стимулировало рост молоди форели.

Выводы

1. Молодь радужной форели, выращиваемая длительное время (70—78 дней) в воде с повышенным содержанием кислорода, быстрее росла и ко времени отлова ее масса в среднем была на 13—17 % выше, чем в контроле, что и определило более высокий уровень рыбопродукции (на 9,5—20 %).

2. Скорость роста молоди форели, выращенной при сниженном в 2—3 раза удельном расходе воды и повышенном содержании кислорода, была такой же, как и в контроле. Это свидетельствует о возможности снижения удельных расходов воды в 2—3 раза (до 0,015 л/с·кг) за счет применения технического кислорода без сокращения рыбопродукции.

3. Форель эффективнее использовала кор-

ма (на 9—26 %) на прирост при повышенных концентрациях кислорода в воде.

4. Применение избыточного кормления молоди форели на фоне повышенного содержания кислорода в воде нерационально.

5. При длительном выращивании молоди форели в воде с повышенной концентрацией кислорода достоверно уменьшалась относительная масса жабр; закономерных изменений относительной массы других органов в этих условиях не обнаружено.

6. Гематологические показатели рыб в период проведения опыта находились в пределах нормы и существенно не различались по вариантам.

7. Рекомендуется применять повышенные концентрации кислорода (150—200 % насыщения) на втоке при выращивании молоди форели, что обеспечивает интенсификацию производственных процессов (уровень нагрузки ихтиомассы 60—200 кг/м³). Технический кислород особенно целесообразно использовать при недостатке воды, в системах оборотного водоснабжения, при неблагоприятном газовом режиме и обычном уровне кормления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрійская А., Котляр О. Выращивание рыбы в циркуляционных системах.— Рыбовод. и рыболов., 1979, № 6, с. 13—15.— 2. Винберг Г. Г. Интенсивность дыхания и пищевые потребности рыб. Минск: Изд-во Бел. гос. ун-та, 1956, с. 241.— 3. Кублицкас А. К. Методика изучения жировых запасов, мясности и весовых соотношений частей тела рыб.— В кн.: Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. Вильнюс: Москлас, 1976, ч. II, с. 104—109.— 4. Лавровский В. В. Пути интенсификации форелеводства. М.: Легкая и пищ. пром-ность, 1981, с. 167.— 5. Лавровский В. В., Есавкин Ю. И. Выращивание молоди радужной форели при различных световых режимах.— Изв. ТСХА, 1979, вып. 2, с. 157—168.— 6. Лавровский В. В., Капалин Н. Н. Возможности применения кислорода в индустриальном форелеводстве.— Рыбное хоз-во, 1980, № 11, с. 35—37.— 7. Лавровский В. В., Панов В. П., Есавкин Ю. И. Химический состав тела молоди радужной форели, выращенной при повышенном содержании кислорода в воде.— Изв. ТСХА, 1983, вып. 5, с. 139—143.— 8. Метелев В. А., Канаев А. И., Дзасохова Н. Г. Водная токсикология, М.: Колос, 1971, с. 247.— 9. Остроумова И. Н. Показатели крови и кроветворение в онтогенезе рыб. Л.: Изв. ГосНИОРХ, т. 63, вып. 3 1957, с. 63.— 10. Остроумова И. Н.

Рост и развитие эмбрионов радужной форели при различной концентрации кислорода в воде. Л.: Изв. ГосНИОРХ, 1969, т. 68, с. 202—216.— 11. Остроумова И. Н., Шабалина А. А. Методические указания по составлению полноценных кормов для радужной форели. Л.: ГосНИОРХ, 1972, с. 35.— 12. Плохинский Н. В. Биометрия. Новосибирск: Наука, 1961, с. 364.— 13. Привезенцев Ю. А. Гидрохимия. ТСХА, 1972, с. 96.— 14. Смирнов В. С., Божко А. М., Рыжков Л. П., Добринская Л. А. Применение методов морфофизиологических индикаторов в экологии рыб.— Тр. СевНИОРХ, 1972, т. 7, с. 168.— 15. Строганов Н. С. Роль среды в пластическом обмене у рыб.— В кн.: Тез. докл. Всесоюз. совещ. по экол. физиол. рыб. М.: Наука, 1966, с. 16—18.— 16. Шварц С. С., Смирнов В. С., Добринский Л. Н. Методы морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных.— Тр. ин-та экол. растений и животных. УФАН СССР, 1968, т. 58, с. 378.— 17. Albrecht E.—AFZ, 1978, N 4, p. 41—42.— 18. Bergmann S., Geisler R.-Dt. Fischerei, 1980, Bd 30, S. 146—149.— 19. Downing K. M., Meske I. C.—Ann. Appl. Biol., 1955, p. 243—246.— 20. Knosche R.—Z. Binnenfisch DDR, 1982, Bd 29, N 2, S. 44—50.

Статья поступила 10 ноября 1983 г.

SUMMARY

The article contains data on growth, some morphological and physiological indices of young rainbow trout grown under prolonged (70-78 days) higher water soluble oxygen content. Under high oxygen levels in water (150-200 % saturation) fish mass is shown to grow by 13-17 %, and feed expenses to decrease by 9-26 % as compared with the control. Young trout experiment variants were characterized by proved ($P < 0.05$) reduction of gills relative mass. Haematologic indices remain within the norm.