

РЕПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЗАМБИКСКОЙ ТИЛЯПИИ
(*OREOCHROMIS MOSSAMBICUS* L.)
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ pH РЕАКЦИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ

О.И. БОРОНЕЦКАЯ

(Кафедра пчеловодства и рыбоводства
РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева)

В статье представлены данные, характеризующие влияние кратковременно-го и пролонгированного действия кислой реакции водной среды на личинок и молодь мозамбикской тилапии (*Oreochromis mossambicus* L.).

Ключевые слова: аквакультура, мозамбикская тилапия, закисление пресноводных водоемов, репродуктивные показатели, ацидофикация.

В последние десятилетия наблюдается стремительный рост продукции мировой аквакультуры. Если в 70-е гг. прошлого столетия на долю аквакультуры приходилось около 5% в общем объеме продукции рыбного хозяйства, то на сегодняшний день это уже более 35%. Успешному развитию аквакультуры способствовало интенсивное использование ряда видов рыб, обладающих ценными пищевыми качествами и пользующихся большим потребительским спросом. Наиболее быстрыми темпами (12–15% ежегодный прирост) за эти годы развивалось выращивание тилапии. Мировое производство тилапии достигло 2 млн т. и по этому показателю она уступает только карповым рыбам [12, 13]. На протяжении более двух десятилетий на кафедре пчеловодства и рыбоводства РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева проводились исследования по интродукции наиболее перспективных видов тилапий. Выполненные исследования показали, что эти тропические рыбы представляют большой интерес и для отечественного рыбоводства.

Выращивание тилапии лимитируется ее биологическими особенностями — отношением к температуре воды. Оптимальной для ее воспроизводства и выращивания является температура 26–32°C, критической — 8–12°C, поэтому возможной базой для культивирования этих видов рыб являются водоемы-охладители промышленных предприятий, пруды, снабжаемые геотермальной водой, а также рыбоводные установки с замкнутым циклом водообеспечения. Разработка интенсивных технологий круглогодичного выращивания тилапии включает изучение влияния качества водной среды на ее воспроизводительные и продуктивные качества. Одним из важных показателей, определяющих эффективность выращивания рыбы, является концентрация водородных ионов (pH воды).

Изучение влияния pH воды на отдельные виды тилапий связано как с особенностями химического состава сбросных теплых вод и геотермальных источников, используемых для их выращивания, так и с усиливающимся антропогенным воздействием

на внутренние водоемы, приводящим к глубоким нежелательным экологическим последствиям. К одним из них относится возрастающая ацидофикация естественных и искусственных водоемов. Кислые дожди и загрязненные сточные воды угнетают флору и фауну водоемов, способствуют увеличению смертности среди гидробионтов и в ряде случаев исключают возможность ведения рыбоводства. Сведений по устойчивости рыб к различным уровням колебаний рН, в т.ч. к воздействию высокой кислотности воды относительно немного [1, 3, 4, 9, 11]. Исследования на тилапии проводились в основном на товарной рыбе и их целью являлось определение воздействия сублетальных значений рН воды на их продуктивные качества [2, 7, 9, 10].

Основной целью работы являлось определение влияния кратковременной и пролонгированной кислой реакции среды на выживаемость, рост и формирование генеративной системы тилапии.

Изменения химического состава водной среды, помимо опосредованного (через изменения физиологического состояния) влияния на развитие половых желез, могут оказывать на них прямое повреждающее действие [5]. Хотя дифференциальная чувствительность половых клеток на разных этапах их развития может определять различный (иногда противоположный) характер реакции репродуктивной системы к организму на экстремальные воздействия. Б. Кошелев [6] считает, что состояние воспроизводительной системы рыб может служить интегральным показателем качества среды обитания и степени адаптации вида к неблагоприятным условиям существования. В. Билько [1] полагает, что кислая водная среда в первую очередь негативно сказывается на ранних, наиболее чувствительных периодах развития рыб. По их мнению, этому аспекту

исследований следует уделять особое внимание.

Мозамбикская тилапия (*Oreochromis mossambicus* L.) является одной из наиболее скороспелых рыб. Она созревает уже в возрасте 2–3 мес. В дальнейшем нерест проходит с интервалом 25–40 дней. Таким образом, в течение года можно получить несколько поколений этих рыб, что представляет собой удобный тест-объект для проведения экспериментальных исследований. Появляется возможность для изучения влияния кислой реакции среды на физиологическое состояние полученного потомства, его репродуктивные показатели и рыбоводные качества.

Материал и методы исследования

Работа выполнена на базе рыбоводного отделения Мостовского плодово-овощного хозяйства (Краснодарский край). Хозяйство использует геотермальную воду для обогрева теплиц и водоснабжения рыбоводных прудов.

Объектом исследования являлись производители мозамбикской тилапии (*Oreochromis mossambicus* L.) и полученное от них потомство. Было проведено две серии опытов. В первой серии исследования проводили с тремя возрастными группами тилапии. В 1-м варианте опыта изучали личинки, переходящие на внешнее питание в возрасте 7–17 сут. Во 2-м варианте изучали подрощенные личинки в возрасте 20–30 сут. В каждой возрастной группе часть молоди подвергалась воздействию пониженной рН ($4,2 \pm 0,2$) в течение 10 сут., другая — выращивалась в обычной водопроводной воде и служила контролем. В 3-м варианте опыта изучали тилапию с 15- до 150-суточного возраста при постоянном выращивании в кислой воде (табл. 1)

Рыбу выращивали в аквариумах объемом 40 л при плотности посадки: личинок 20 шт./л, мальков 5 шт./л. После 10-дневного содержа-

ния в кислой воде опытные и контрольные группы рыб 1-го и 2-го вариантов опыта пересаживали в 80-литровые аквариумы, где содержали до 150-дневного возраста в идентичных условиях при плотности посадки 1–2 шт./л. В 3-м варианте тилляпия постоянно, на протяжении всего эксперимента, содержалась в 80-литровых аквариумах.

На протяжении всего эксперимента поддерживали оптимальный температурный режим (25–28°C). Водопроводная вода имела рН 7,0–7,2. Для подкисления воды до рН 4,2–4,4 использовали маточный раствор серной кислоты в разведении 1:100. Во второй серии опытов под наблюдением находилась молодь, имевшая при посадке возраст 2 мес. Опыт продол-

жался в течение 60 сут. Рыбу выращивали при уровнях рН воды 4,5 и 8,5. В контрольном варианте рН воды поддерживали на уровне 7,2. Рыбу в возрасте старше 30 дней кормили комбикормом марки ПК-ВР. Личинки и молодь получали дополнительно живой корм (зоопланктон). Рост рыб оценивали по среднесуточным и абсолютным приростам длины и массы тела. Для изучения состояния половых желез проводили фиксацию собранных образцов жидкостью Буэна. Гистологическую обработку материала проводили по стандартной методике [8]. Она включала проводку через спирт возрастающей крепости, пропитку в целлоидин-касторовом масле, хлороформ-парафине и заливку в парафин-воске.

Т а б л и ц а 1

Схема опыта

Серия опытов	Вариант опыта	рН воды	Возраст рыбы, сут.	Продолжительность опыта, сут.	
				воздействие кислотности	общая
I	1 Опыт Контроль	4,2	7–17	10	150
		7,2		—	
	2 Опыт Контроль	4,2	20–30	10	150
		7,2		—	
	3 Опыт Контроль	4,2	15	135	150
		7,2		—	150
II	1 Вариант	4,5	60	60	60
	2 Вариант	8,5	60	60	60
	3 Контроль	7,2	60	—	60

Результаты исследований

В соответствии с поставленной задачей были проведены две серии опытов. В первой из них изучали влияние кратковременного воздействия кислой среды (10 сут.) на рост, выживаемость и развитие гонад у молоди на разных этапах ее развития.

Наблюдения за последствием кислотного стрессора продолжались до 5-месячного возраста.

Как показали исследования, выполненные в первой серии опытов, воздействие кислой реакции среды на результаты выращивания и половое созревание тилляпии определялось возрастом рыбы.

В 1-м варианте отход личинок был зафиксирован на 2-е сут. после их помещения в кислую воду. В целом отход составил 36% подопытных рыб (табл. 2). Во 2-м варианте (возраст 20–30 сут.) действие кислотного стресса было менее ощутимым. Отход составил 12,8%. Рост личинок после их пребывания в кислой воде значительно замедлялся. Только спустя 100 сут. после начала опыта темп прироста массы тела в опытных и контрольных группах имел близкие значения. В целом наибольший суточный прирост имела молодь контрольного варианта, что обеспечило достоверное ее преимущество по массе тела. В варианте с систематическим воздействием кислотного стрессора отход начался сразу же после помещения тилапии в воду с кислой средой. Максимальная гибель была отмечена на 4-е сут. Через 20 сут. отход прекратился. Общий отход в этом варианте составил 39,2%.

В конце опыта наблюдалось проявление полового диморфизма среди рыб. Самцы были значительно крупнее самок. Следует отметить, что самцы, подвергшиеся в раннем онтогенезе воздействию пониженной рН воды, имели одинаковую с контрольными самцами массу тела. В то же время подопытные самки были значительно мельче самок контрольного варианта и отставали от них в

половом развитии. В возрасте 150 сут. самки контрольной группы рыб находились на III–IV стадии зрелости. У самок опытной группы в основном отмечалась III стадия зрелости.

Результаты наблюдений за плодовитостью и массой икринок у тилапии, достигшей половой зрелости, представлены в таблице 3.

Во всех вариантах опыта самки контрольной группы достоверно превосходили по величине гонадосоматического индекса самок, содержащихся в кислой воде, и имели более высокую абсолютную и относительную плодовитость. Можно отметить также преимущество самок контрольных групп тилапии по массе полученной икры.

Во второй серии опытов тилапию (возраст 60 сут.) на протяжении двух месяцев выращивали при различных значениях уровня рН воды: 4,5, 8,5 и 7,2 (контроль). Как показали результаты выращивания, наибольший среднесуточный прирост имели рыбы контрольного варианта, где он составил 1,4 г. В опытных вариантах наименьшую скорость роста имела тилапия, содержащаяся в кислой воде (рН 4,5). Особенно заметно она отставала в росте в первые две декады выращивания. Тилапия, выращиваемая в слабощелочной среде, хотя и уступала рыбам контрольного варианта опыта, однако эти различия были статистически недостоверны (табл. 4).

Т а б л и ц а 2

Результаты выращивания тилапии в первой серии опытов

Вариант	рН воды	Среднесуточный прирост, г	Средняя масса, г		Отход, %
			посадка	облов	
1 Контроль Опыт	7,2	0,62	0,030	85,7±1,94 ^а	8,3
	4,3	0,37	0,024	53,6±2,14 ^б	36,0
2 Контроль Опыт	7,2	0,68	0,092	86,9±2,17 ^а	9,5
	4,3	0,53	0,081	67,2±2,97 ^б	12,8
3 Контроль Опыт	7,2	0,71	0,067	95,7±3,80 ^а	9,7
	4,3	0,48	0,056	64,3±4,01 ^б	39,2

Таблица 3

Репродуктивные показатели тилляпии

Вариант опыта	Масса рыбы, г	Гонадосоматический индекс, %	Плодовитость, шт.		Масса икринки, мг
			абсолютная	относительная	
1 Контроль Опыт	86,4 58,7	3,77±0,34 ^а 1,09±0,41 ^б	967,6 487,2	11,2 8,3	2,8±0,05 ^а 2,5±0,07 ^б
2 Контроль Опыт	87,1 67,2	3,54±0,10 ^а 1,67±0,06 ^б	1053,9 638,4	12,1 9,5	2,9±0,04 ^а 2,6±0,05 ^б
3 Контроль Опыт	96,3 65,4	3,89±0,28 ^а 1,43±0,18 ^б	1126,7 516,7	11,7 7,9	2,9±0,05 ^а 2,5±0,09 ^б

Скорость роста рыб тесно связана с величиной потребления корма и эффективностью его использования. Самые низкие затраты корма отмечены в контрольном варианте. Более высокий расход кормов наблюдался в опытной группе, выращиваемой в кислой воде. Анализ результатов исследования позволяет отметить существенное влияние высокой кислотности воды на функциональное состояние тилляпии, резкое снижение темпа роста, жизнеспособности и развития воспроизводительной системы. В большинстве случаев массовая гибель личинок начиналась на 4–6-е сут., а у 7-суточных личинок сразу после помещения их в кислую воду. Снижение смертности наступало через 15–20 сут. Различная степень поражающего эффекта высокой кислотности в зависимости от исходного возраста рыб и длительности ее воздействия особенно четко наблюдается при сравнении суммарного отхода (табл. 5). Он был меньше в вариантах

с рыбой старшего возраста и более коротким сроком воздействия кислой среды.

Сравнительный анализ данных по росту тилляпии в различных вариантах опыта показал, что высокая кислотность воды угнетает их рост. Кратковременное содержание при низкой рН воды имело пролонгированное последствие для 7-суточных личинок. У 20-суточных особей ингибирование роста наблюдалось только в период кислотного воздействия. Позднее оно компенсировалось. При хроническом воздействии кислотного стрессора его влияние продолжалось более 30 сут. В дальнейшем это отставание постепенно нивелировалось.

Оценка влияния высокой кислотности на становление репродуктивной системы тилляпии в онтогенезе показала, что в конце всей серии опытов в контроле отмечено значительно большее число рыб, имеющих более высокий гонадосоматический индекс. Более четко эти различия наблюда-

Таблица 4

Результаты выращивания тилляпии во второй серии опытов

Вариант опыта	рН воды	Средняя масса рыбы, г		Среднесуточный прирост, г	Отход, %	Затраты корма, кг/кг прироста
		посадка	облов			
Контроль	7,2	10,8	94,8±3,51 ^а	1,40	6,0	2,5
1	4,5	10,8	73,8±4,52 ^б	1,05	16,0	3,3
2	8,5	10,8	89,4±4,13 ^а	1,31	8,0	2,8

Отходы тилапии в различных вариантах опыта

Возраст в начале опыта, сут	Сроки максимального отхода, сут.	Относительная величина максимального отхода, %	Отход за весь опыт, %	Отход в контроле, %
7	2–20	80,0	36,0	8,3
20	5–12	59,0	12,8	9,5
15*	5–25	82,0	39,2	9,7

Примечание. * Вариант с хроническим воздействием кислотного стрессора.

лись в 1-м варианте опыта при работе с 7-суточными личинками. В варианте с 20-суточной молодью эти различия прослеживались слабо.

Наиболее сильно ингибирующий эффект высокой кислотности воды сказался при хроническом ее воздействии на рыбу. В конце опыта при сходной массе тела около 70% тилапий контрольного варианта имели половые железы III и IV стадий зрелости. В то же время большинство подопытных рыб находились лишь в II – III стадии зрелости.

Таким образом, в отличие от функции роста, отставание в морфофункциональном становлении репродуктивной системы тилапии в дальнейшем не компенсировалось.

Выводы

1. Высокая кислотность воды ингибирует темп роста молоди мозамбикской тилапии и ее выживаемость, особенно на начальных этапах онтогенеза. На бо-

лее поздних этапах онтогенеза наблюдалась частичная компенсация отставания в росте.

2. Наиболее сильно повышенная кислотность воды сказывается на скорости роста в половом созревании при постоянном ее воздействии на тилапию.

3. Из основных показателей, по которым оценивали эффект воздействия высокой кислотности, наиболее чувствительным оказался процесс становления репродуктивной системы. У рыб, содержащихся при высокой кислотности воды, отмечалась задержка полового созревания, снижение абсолютной и относительной массы гонад и плодовитости, а также ухудшение качества икры.

4. Полученные результаты свидетельствуют о существенном воздействии повышенной кислотности воды на ранних этапах развития мозамбикской тилапии, и указывают на необходимость регулярного контроля за качеством воды в период проведения нерестовой кампании и подращивания личинок.

Библиографический список

1. Билько В.П. Влияние величины рН на икру рыб в период оплодотворения и на различных этапах ее развития // Гидробиологический журнал, 1995. Т. 2.
2. Боронецкая О.И. Использование геотермальных вод в интенсивной аквакультуре: В сб. докл. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития аквакультуры в России». Краснодар, 2001.
3. Виноградов Г.А., Комов В.Т. Физиологические адаптации пресноводных рыб к снижению рН и минерализации воды: В кн. Экологическая физиология и биохимия рыб. Изд. АН СССР, 1985.
4. Зеленников О.В. Влияние кислотности среды на становление и развитие воспроизводительной системы рыб в раннем онтогенезе. Первый конгресс ихтиологов России Изд-во ВНИРО, 1995.

5. Константинов А.С., Вечканов В.С., Кузнецов В.А. Влияние колебаний концентрации водородных ионов на рост молоди рыб // Вопросы ихтиологии, 1995. Т. 35. № 1.
6. Кошелев Б.В. Экология размножения рыб. М.: Наука, 1984.
7. Магди М.А. Габер. Потребность молоди тилапий в протеине и эффективность его использования // Известия ТСХА, 2007. Вып. 4.
8. Роскин Г.И., Левинсон Л.П. Микроскопическая техника. М.: Сов. Наука, 1957.
9. Щербakov Д.А. Рост и морфологические показатели красной тилапии (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*), выращиваемой при различных значениях рН воды: Автореф. канд. дис. М., 2000.
10. Abdel-Fattan M. El-Saed. Tilapia Culture. CABI Publishing, 2006.
11. Bonga S.E., Flik G., Balm P.H. Physiological adaptation to acid stress in fish // Gen. Comp. Endocrinol., 1984. Vol. 55.
12. Chhorn L., Carl D., Webster. Tilapia. Biology, Culture, and Nutrition. Food Products Press. Aquaculture. New York, London, 2006.
13. Wanghead C., Geater A., Tanasakul R. Effect of acid water on survival and growth rate of Nile tilapia // The second international symposium on tilapia in aquaculture, Bangkok, Thailand, 1988.

Рецензент — д. б. н. И.Ф. Драганов

SUMMARY

The article provides data, characterizing the influence of both short-term and prolonged effect of acid reaction of the aquatic environment in Mosambican tilapia (*Oreochromis mossambicus* L.) larvae and juveniles.

Key words: aquaculture, Mosambican tilapia, acidification of freshwater reservoirs, reproductive indicators, acidification.

Боронцевая Оксана Игоревна — к. с.-х. н. Тел. Эл. почта: liskun@timacad.ru