

ния жабер, разрушается их респираторный эпителий, повреждаются мембраны хлоридных клеток и мембраны содержащихся в них митохондрий (Dhavale, 1987; Wood, McDonald, 1987; Dietrich, Schlatter, 1989; Ingersoll et al., 1990 и др.), что приводит к значительному снижению активности цитохромоксидазы и снижению уровня аэробного синтеза АТФ. В жабрах щук, наоборот, наблюдалось значительное повышение уровня ЦО и аэробного синтеза АТФ и использования углеводов, в частности в пластическом обмене (активность ЦО увеличивалась в два раза и Г-6-ФДГ – в три раза). Интенсификация энергообмена в жабрах, обнаруженная у щуки, является важнейшей компенсаторной приспособительной реакцией, направленной на усиление функции жаберного аппарата и поддержания целостности его структур. Значительное снижение активности ЦО и МДГ было обнаружено в почках щук. Наблюдаемые биохимические сдвиги у щуки могут соответствовать начальным стадиям токсического воздействия на почки, сопровождающиеся разобщением окислительного фосфорилирования и соответствующим усилением некоторых восстановительных процессов. Согласно данным анализа липидного обмена рыб, испытывавших негативное воздействие воды Костомукшского хвостохранилища (Немова, Высоцкая, 2004), у рыб были обнаружены существенные изменения в соотношении фосфолипидных фракций, что является результатом необходимой перестройки структуры биомембран почек и других органов при адаптации организма рыб к повышенной концентрации металлов в воде.

Возрастные изменения в активности ЦО и МДГ наблюдались в мышцах сигов. В Отмечено значительное снижение активности этих ферментов в мышцах старших возрастных групп сигов, в то время как, в мышцах более молодых групп сигов не выявлено негативных изменений. Предположительно, это связано с продолжительностью неблагоприятного воздействия в процессе онтогенеза рыб и эффектом многолетнего накопления тех или иных токсических веществ. Возможно, за несколько лет в мышцах сигов происходит накопление некоторых тяжелых металлов, которые ингибируют цитохромоксидазу и малатдегидрогеназу и, таким образом, снижают интенсивность аэробного метаболизма.

Таким образом, вредное воздействие на организм рыб вызывает нарушения целостности органов и тканей, повреждения клеток, их мембран, митохондрий, структуры ферментов, что приводит к нарушению регуляции и разобщению процессов окислительного фосфорилирования на мембранах митохондрий и, как следствие, к значительному снижению энергообеспечения клеток.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ «Ведущие научные школы Российской Федерации» НШ 3731.2010.4; Программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России» на 2009–2011 гг.; Программы Президиума РАН «Биологическое разнообразие» на 2009–2011 гг., Гранта РФФИ № 08-04-01140-а.

НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДВУХГОДОВИКОВ ТРИПЛОИДНОЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

Е.В. Микодина, Е.В. Ганжа, Е.Д. Павлов

ФГУП «ВНИРО», Москва, Россия
mikodina@vniro.ru

Материал для исследования собран в апреле-мае 2009 г. на рыбоводном хозяйстве «Клонг-Кланх» (Klong-Klanh), которое расположено в южном Вьетнаме на высокогорном плато (1700 м над уровнем моря) в 70 км от г. Далат.

Исследованы двухлетние самки (21 мес.) триплоидной радужной форели *Oncorhynchus mykiss* породы Дональдсон, выращенные из импортированной в 2007 г. из Финляндии икры. У 11 экз. форели измеряли длину тела по Смитту, массу тела и гонад, определяли стадию зрелости. Для биохимического анализа кровь у рыб собирали из хвостовой вены в пробирки с ЭДТА, замораживали и хранили при температуре около -10 °С. Пробы обработаны по методам, указанным ранее (Ганжа, 2008). Определяли количество общего белка, альбумина, С-реактивного белка, глюкозы, лютеинизирующего (ЛГ) и фолликулостимулирующего (ФСГ) гормонов, прогестерона, эстрадиола, тесто-

стерона, а также иммуноглобулинов А, М, G, E. Проанализировано 11 образцов крови, каждый в трех аналитических повторностях.

Средняя длина исследованных рыб 39.5 (36.7–42.5) см, масса – 839 (610–990) г, масса яичников, находящихся на III ранней стадии зрелости – 3.6 (1.9–6.6) г.

Глюкоза – один из наиболее важных показателей физиологического состояния организма, отражающий уровень метаболизма, стресса и осмотического давления крови. Ее среднее содержание в крови триплоидной форели повышено и составляет 6.9 ± 0.20 (4.8–10.8) ммоль/л. Это может быть связано с достаточно слабым механизмом регуляции уровня глюкозы в крови у радужной форели (Coweу et al., 1977b). Этот показатель может изменяться в зависимости от состава корма. Так, при стандартном кормлении радужной форели в ее крови содержится 3.0 ммоль/л глюкозы, при использовании высокобелкового корма – 4.0 ммоль/л, а при высокоуглеводном кормлении – 5.3 ммоль/л, т.е. почти в 2 раза больше, чем в норме (Coweу et al., 1977a). Поскольку при выращивании изучаемых рыб использовали разнообразные корма, вероятно, их состав мог отразиться на показателе глюкозы крови.

Содержание общего белка в сыворотке крови триплоидных двухгодовиков радужной форели у разных особей различается более чем в два раза, в среднем составляя 131.2 ± 5.2 (77.7–178.0) г/л. У лососевых рыб из естественных популяций этот показатель обычно ниже, иногда в 2–3 раза (Пустовит, Пустовит, 2005; Ganzha, Mikodina, 2009). Основная фракция общего белка – альбумин, среднее содержание которого в крови исследованных триплоидов составляет 91.6 ± 2.32 (57.9–111.4) г/л. Считают, что в норме доля альбумина от общего белка должно составлять около 60% (Коган, 1984; Назаренко, Кишкун, 2000), однако у исследованных нами рыб эта доля несколько больше и достигает почти 70%. Содержание C-реактивного белка у разных особей различается более чем в 30 раз, в среднем по выборке составляет 3.3 ± 0.32 (0.2–6.4) мг/л. Этот показатель тесно взаимосвязан с показателями гуморального иммунитета.

В крови триплоидов радужной форели из южного Вьетнама выявлена иммунореактивность к таким показателями гуморального иммунитета, как иммуноглобулины А, М, G и E. Содержание IgA составляет 32.4 ± 0.70 (25.8–42.0) мг/мл, IgM – 39.5 ± 0.77 (34.2–46.4) мг/мл, IgG – 193.0 ± 4.24 (154.9–247.5) мг/мл, IgE – 15.6 ± 6.34 (0.2–74.3) МЕ/мл. Преобладает IgG, однако его содержание несколько снижено (72.9%), а доля IgM (14.9%) – увеличена по сравнению с данными литературы (Назаренко, Кишун, 2000). Известно, что уровень IgM у самок отрицательно коррелирует с содержанием в крови стероидных гормонов (тестостерона и эстрадиола), и положительно – с температурой воды (Suzuki et al., 1997). Наши данные подтверждают это мнение. В крови трети изученных рыб уровень IgE был выше, чем у остальных, что может указывать на проявление аллергической реакции именно у этих особей радужной форели. Аллергию могут вызывать некоторые компоненты потребляемого рыбами корма. В целом, судя по содержанию иммуноглобулинов в крови двухгодовиков триплоидной радужной форели, можно заключить, что их иммунная система адекватно отражает функциональное состояние рыб.

В крови двухгодовиков выявлена иммунореактивность к ФСГ и ЛГ человека. Ранее считали, что репродуктивная функция у рыб регулируется двумя специфическими гонадотропными гормонами: ГТГ-I (фоллитропин) и ГТГ-II (лютропин) (Макеева, 1992; Бурлаков, 2002). В настоящее время доказано, что по ФСГ является аналогом ГТГ-I, а ЛГ – аналогом ГТГ-II (Li, Ford, 1998; Querat et al., 2000; Swanson et al., 2003).

Содержание ФСГ в среднем составляло 18.6 ± 5.96 мМЕ/мл, но варьировало в широких пределах – от 1.2 до 47.0 мМЕ/мл. Этот гормон у самок в течение оогенеза вызывает рост фолликулов и отвечает за транспорт вителлогенина в ооците (Idler, Ng, 1983). Его количество позволяет выявить возможные патологии в строении яичников, у данных рыб они имеются в виде деформации гонад и резорбции части ооцитов.

Лютеинизирующий гормон в крови 7 из 11 особей не выявлен, что согласуется с нашими данными по двухгодовикам кижуча. У 4-х других рыб, наоборот, его содержание в крови высокое – 22.2 ± 2.87 (0.0–48.0) мМЕ/мл. Как правило, ЛГ синтезируется на поздних стадиях гаметогенеза, влияя в половых клетках на синтез эстрогенов и прогестерона. Вероятно, половые железы данных рыб, развиваются несколько быстрее, чем остальных.

Взаимодействие ФСГ и ЛГ стимулирует синтез стероидных гормонов. В крови триплоидной радужной форели из южного Вьетнама содержание андрогенного стероидного гормона – тестостерона, было самым высоким из всех изученных гормонов. Его среднее количество в крови составля-

ет 5.6 ± 0.09 нг/мл и варьировало в очень узких пределах – от 5.1 до 6.1 нг/мл. Такой высокий уровень тестостерона в большей степени характерен для самцов, тогда как нами исследованы самки. Средняя концентрация эстрадиола в крови составляет 51.7 ± 10.84 пк/мл, широко варьируя от 1.9 до 113.8 пк/мл. Этот гормон имеет наибольшую физиологическую активность, ускоряя протоплазматический рост ооцитов и формирование в них цитоплазматических включений (Федоров, 1997; Suzuki et al., 1988). По данным Грусловой (2004), в период вителлогенеза концентрация эстрадиола максимальна. Поскольку исследованные особи находились начальной фазе вителлогенеза, полагаем, что обнаруженный у них уровень эстрадиола понижен. Прогестерон был выявлен только у двух рыб (18%) в концентрации 1.6 ± 0.73 (0.0–3.9) нг/мл.

Такие разнонаправленные и, зачастую, нехарактерные данные по гонадотропинам и низкий уровень женских стероидных гормонов, вероятно, связаны с триплоидией изучаемых рыб, повлекшей нарушение механизма синтеза половых гормонов в организме. В литературе указывают на значительное снижение концентрации гонадотропных и стероидных гормонов в крови у триплоидных рыб по сравнению с диплоидными (Tiwarý et al., 2001). К тому же, гонадотропный статус у особей с близкими морфофизиологическими показателями может отличаться (Федоров, 1997), что согласуется с нашими данными. Не исключено, что полученная варибельность в содержании половых и стероидных гормонов, связана с воздействием на радужную форель специфического климата южного Вьетнама, который отличается от естественного, например, фотопериодом, более высокой температурой воды, высокогорными условиями; возможно также влияние использованных кормов.

SOME BIOCHEMICAL PARAMETERS OF TWO-YEAR OLD TRIPLOID RAINBOW TROUT CULTIVATED IN SOUTH VIETNAM

E.V. Mikodina, E.V. Ganzha, E.D. Pavlov

VNIRO, Moscow, Russia
mikodina@vniro.ru

The biochemical parameters of blood serum for the first time in triploid rainbow trout from all-female stock were assessed. The fish at the age of 21 months were cultivated in the mountainous area of South Vietnam. The high levels of total protein, albumin, C-reactive protein, and glucose in blood serum were registered. The immune reactivity of four classes of immunoglobulins (A, M, G, and E) were determined. The content of FSH was measured, and LH was determined only in 64% of fishes. A high level of male steroid hormone, testosterone (that is usual only in males), extremely low content of progesterone (detected only in 18% of fishes), and almost normal concentration of estradiol were registered.

ВРЕМЕННЫЕ (ТЕМПОРАЛЬНЫЕ) ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕДЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ВКУСОВЫХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ ОБЪЕКТОВ У РЫБ С РАЗНЫМ ТИПОМ ПИТАНИЯ

Е.С. Михайлова¹, О.М.Исаева², А.О. Касумян¹

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
elena_mikhailova@mail.ru

² ФГНУ НИИЭРВ, Красноярск, Россия
olga-isa2@yandex.ru

Пищевое поведение рыб представляет собой последовательную цепь разнообразных двигательных актов и реакций, заканчивающуюся схватыванием пищевого объекта и оценкой его соответствия потребностям особи. В отличие от пищевого поиска, проявление которого изучено у большого числа видов, поведение тестирования рыбами объектов питания остается практически неисследованным. Известно, что большое значение в сенсорном обеспечении этого завершающего этапа пищевого поведения принадлежит внутриротовой вкусовой рецепции. Согласно имеющимся в литературе данным, рыбы часто принимают решение о заглатывании или об отказе от потребления схваченной добычи после многократных отверганий ее и повторных схватываний. Число повторных схватываний и длительность удержаний пищевого объекта во многом связаны с образом жизни