

Биомаркеры температурного стресса и показатели благополучия сиговых рыб в условиях

аквакультуры

Волкова А.А.^{1,2}, Королева А.Г.¹, Яхненко В.М.¹, Суханова Л.В.¹, Глызина О.Ю.¹, Аvezова Т.Н.¹, Кармаданова А.А.¹, Глызин Л.А.¹, Черезова В.М.¹, Тягун М.Л.¹, Сапожникова Ю.П.*

¹) Лимнологический институт, СО РАН, Иркутск, Россия

²) Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия, jsap@mail.ru



Введение

В настоящее время особенно актуален поиск новых температурных биомаркеров для оценки благополучия отдельных видов и популяций рыб в естественной среде и в аквакультуре. Данная работа сосредоточена на изучении механизмов температурной преадаптации (акклимации) для получения стрессоустойчивых форм рыб.

Материалы и методы

Комплексный междисциплинарный характер работы предполагает оценку длины теломерных участков, активности теломеразы в выбранных тканях (жабры, кровь, печень) исследование энергетического потенциала функционально активных митохондрий, а также анализ образцов на предмет дифференциальной экспрессии генов и уровня метилирования ДНК. В качестве модельных объектов используются перспективные для аквакультурного выращивания формы сиговых рыб – сиг Исаченко (*Coregonus fluviatilis* Issatschenko, 1925) и его гибрид с байкальским озерным сигом (*Coregonus baicalensis* Dybowski, 1874).

Результаты

Преадаптированный сиг в отличие от гибрида показал более высокий порог индукции функционально-активных митохондрий в крови на ранних стадиях и длительную теломеразную активность в печени. У неадаптированных гибридов было замечено достоверное снижение функционально-активных митохондрий в крови и сильный долговременный ответ на уровне теломер в жабрах, что отражалось в их укорочении.

Результаты по микроскопии митохондрий

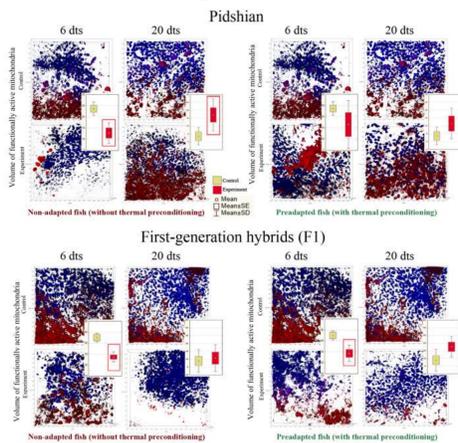


Рис. 4. Ядра функционально активных митохондрий, лазерная конфокальная микроскопия, LSM-710 Zeiss.



Рис. 1. Сиг Исаченко (*Coregonus pidshian* Gmelin, 1877)



Рис. 2. Байкальский сиг (*Coregonus baicalensis* Dybowski, 1874)

= ГИБРИД

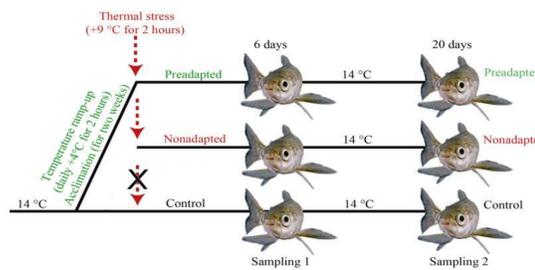


Рис. 3. Схема эксперимента

У неадаптированного гибрида наблюдалось значительное уменьшение длины теломер в жабрах в отличие от преадаптированных гибридов при воздействии летальной температурой (+9°C) ($p=0,035$).

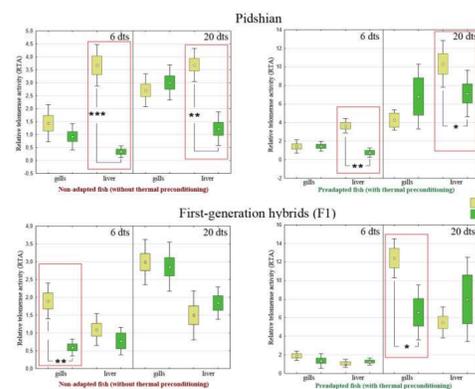


Рис. 5. Теломеразная активность

Результаты по теломерам

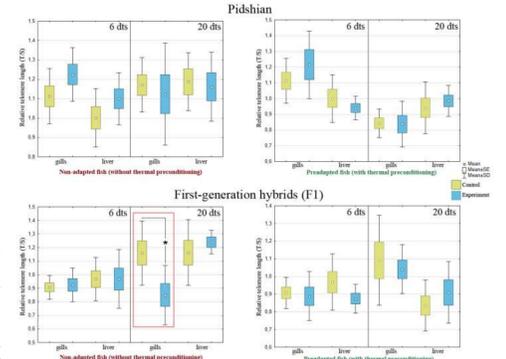


Рис. 6. Длина теломер у пыжьяна и гибрида

На уровне теломеразной активности у сига наблюдалось достоверное снижение ответа в печени спустя 6 сут и 20 сут после воздействия летальной температурой, как у преадаптированных ($p=0,009$), так и у неадаптированных особей ($p=0,0006$). Гибриды показали менее выраженную теломеразную реакцию на воздействие температурного шока. Для гибридов, в свою очередь, маркерной стала жаберная ткань. Снижение активности теломеразы у гибридов наблюдалось на уровне жаберной ткани на через 6 сут у особей, не подвергавшихся преадаптации ($p=0,006$). На 20 сут наблюдается снижение активности теломеразы также у преадаптированных гибридов ($p=0,043$), что является отсроченным эффектом.

Выводы

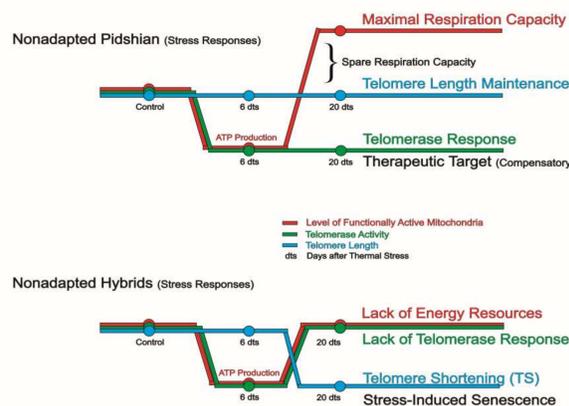


Рис. 7. Неадаптированные сиг Исаченко и гибрид после повышения температуры до летальной

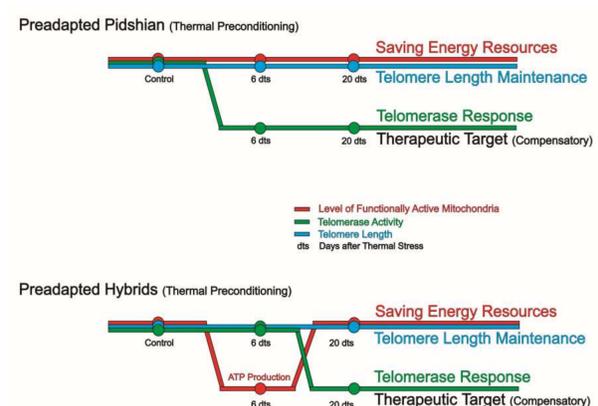


Рис. 8. Преадаптированные сиг Исаченко и гибрид после повышения температуры до летальной

Изучение объема функционально активных митохондрий в эритроцитах с использованием красителя MitoTracker показало, что наиболее остро на преадаптацию реагировал сиг. Достоверные различия наблюдались между адаптированными особями и контролем как через 6 сут после воздействия летальной температурой ($p=0,021$), так и через 20 сут ($p=0,049$). На 6 сут объем функционально активных митохондрий был снижен на 46% у неадаптированного пыжьяна по сравнению с контролем ($p=0,008$). Уменьшение объема функционально активных митохондрий можно объяснить изменением энергозатрат при истощении ресурсов организма в фазе истощения.

Теломеразный и теломерный ответы на температурный стресс демонстрируют 'большую стабильность' сига Исаченко, что, вероятно, связано с широким диапазоном температуры в его естественной среде обитания. Температурная преадаптация рыб, в свою очередь, может играть превентивную роль в развитии стрессоустойчивой аквакультуры рыб.

Благодарности

Экспериментальная работа выполнена в рамках проекта РФФ №23-24-00644 на базе Уникальной научной установки «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов» (УНУ ПАК ЛИН СО РАН) и ЦКП «Ультрамикрoанализ».