

ЗООТЕХНИЯ

УДК:639.3.0.34:535.21

ВЛИЯНИЕ NaCl НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ЛИЧИНОК РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

Е. В. ТАРАЗЕВИЧ

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь, 220023

(Поступила в редакцию 17.08.2020)

Одной из основных задач в развитии рыбохозяйственной деятельности в Республике Беларусь является расширение видового состава в первую очередь за счет ценных видов рыб, в том числе товарной форели [1, 2, 3]. В воспроизводстве форели в настоящее время существуют проблемы, связанные с относительно высокой смертностью на ранних стадиях развития и восприимчивостью к ряду факторов [4].

Использование хлористого натрия в форелеводстве связано с особенностью осморегуляции и относительной солеустойчивостью форели. Наиболее значительный темп роста для каждого вида рыб наблюдается при вполне определенной солености. Наиболее благоприятное влияние на различные виды жизнедеятельности рыб происходит при повышении солености до 2–5 ‰ [4].

В статье представлены результаты исследования влияния NaCl на среднюю длину, массу, выживаемость и биохимические показатели предличинок и личинок радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при содержании в условиях постоянной солености.

Установлено стимулирующее влияние хлорида натрия в концентрации 5 и 10 г/л на темп роста, скорость утилизации желточного мешка и выживаемость личинок радужной форели при постоянной солености. Концентрации хлорида натрия 30 и 20 г/л оказались летальными и сублетальными для личинок.

По совокупности влияния на анализируемые признаки были выделены опытные группы с концентрацией хлорида натрия 5 и 10 г/л, как стимулирующие выживаемость и темп роста.

Ключевые слова: радужная форель, личинки, темп роста, резорбция желточного мешка, выживаемость, растворы хлорида натрия.

One of the main tasks in the development of fishery activities in the Republic of Belarus is the expansion of species composition primarily due to valuable fish species, including marketable trout. In trout reproduction, there are currently problems associated with a relatively high mortality in the early stages of development and susceptibility to a number of factors.

The use of sodium chloride in trout breeding is associated with the peculiarity of osmoregulation and the relative salt tolerance of trout. The most significant growth rate for each fish species is observed at a well-defined salinity. The most favorable effect on various types of fish life occurs when the salinity rises to 2–5 ‰.

*The article presents results of research into the influence of NaCl on the average length, weight, survival rate and biochemical parameters of prelarvae and larvae of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) when kept under constant salinity.*

We have established a stimulating effect of sodium chloride at a concentration of 5 and 10 g/l on the growth rate, the rate of utilization of yolk sac and the survival rate of rainbow trout larvae at constant salinity. Sodium chloride concentrations of 30 and 20 g/l were found to be lethal and sublethal for larvae.

On the basis of effect on analyzed traits, experimental groups with sodium chloride concentrations of 5 and 10 g/l were identified as stimulating survival and growth rates.

Key words: rainbow trout, larvae, growth rate, yolk sac resorption, survival, sodium chloride solutions.

Введение

В период смолтификации у лососевых рыб происходит физиологическая перестройка организма, в результате которой они начинают выдерживать океаническую соленость. У радужной форели не происходит смолтификации, однако она хорошо приспосабливается к солоноватой воде благодаря определенным особенностям осморегуляторной системы [2]. Некоторые формы форели переносят прямой перевод в морскую воду соленостью до 28 ‰ при длине 10–12 см и массе 20–25 г, в то время как другие (большинство рыб) – при длине 20 см, массе 100 и даже 150–200 г, некоторые адаптируются к морской воде только постепенно – в течение недели [5].

У личинок радужной форели солоноватая вода (4 ‰) способствует повышению эффективности использования белка на продукционные процессы на 5–6 % по сравнению с пресной [5, 6]. Также хлорид натрия является безопасным, эффективным и экономичным дезинфицирующим средством для контроля грибковых и бактериальных инфекций в пресной воде [7].

Есть сведения, что применение растворов хлорида натрия благоприятно сказывается на организме форели и усиливает жизнедеятельность рыб в стрессовых ситуациях [6, 7]. Однако данный вопрос мало изучен.

Цель исследования – исследовать влияние постоянной экспозиции в растворах NaCl различных концентраций на линейный рост и выживаемость личинок радужной форели.

Основная часть

Объект исследования – личинки радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). Из рыбоводного индустриального комплекса была доставлена партия эмбрионов радужной форели (икра на стадии «глазка») французского происхождения (рыбопитомник Viviers de Sarrance).

Доинкубация эмбрионов проходила в воде, без содержания соли. После выклева были сформированы опытные группы и личинки были помещены в растворы соли концентрационного ряда 3–30 г/л (табл. 1.).

Таблица 1. Опытные группы, сформированные для оценки влияния NaCl на эффективность подращивания личинок радужной форели в условиях *in vitro*

Концентрация NaCl	Опытные группы						Контроль (вода)
	3 г/л	5 г/л	10 г/л	12 г/л	15 г/л	20 г/л	
Время экспозиции	Постоянно						

Личинки содержались в растворах NaCl постоянно в течение всего периода эксперимента (в условиях экспресс-теста физиологических нагрузок – голодание). Полученные результаты в экспериментальных группах сравнивались с контрольной группой, в которой подращивание личинок происходило в воде. Количество личинок – по 15 шт. в контейнере для каждой опытной группы. Экспозиция личинок происходила в холодильнике в условиях *in vitro*, в пластиковых контейнерах, заполненных раствором NaCl. На постоянном уровне поддерживалась температура (8 °C), содержание кислорода (7 мг/л), водородный показатель pH (7, 6). Из-за отрицательного фототаксиса личинкам было обеспечено отсутствие источника света. Анализируемые показатели: темп роста, скорость резорбции желточного мешка и выживаемость личинок радужной форели. Показатели длины личинок и желточного мешка получали в результате обработки фотоснимков в программе для анализа изображений. Измерение длины осуществляли каждые 3 дня на протяжении эксперимента. Для анализа выживаемости проводили ежедневный и ежедекадный отбор и учет погибших личинок. Гидрохимический режим. Водородный показатель (pH) определяли с помощью портативного pH-метра, концентрацию кислорода – с помощью теста «SERA TEST (O₂) Кислород». Отбор проб для гидрохимического анализа осуществляли однократно в день на протяжении экспериментального периода.

Статистический анализ полученных в результате эксперимента данных проводился в статистической среде R [7]. Статистический анализ проводится согласно алгоритму для выявления различий в исследуемых группах и определения уровня значимости полученных различий.

Для изучения влияния того или иного значения постоянной солености на физиологические процессы организма рыбы важным показателем является темп роста. В результате проведения эксперимента были получены данные средних значений длины личинок радужной форели, которые представлены в табл. 2. Результаты статистического анализа полученных данных представлены в табл. 2.

Таблица 2. Статистический анализ значений средней длины личинок радужной форели при использовании растворов NaCl различной концентрации

Группа	Mean±SE, mm	CV, %	n	Тест Шапиро-Уилка	Тест Ливина	Тест Тьюки
3 г/л	20,98±0,21	0,03	15	p>0,05	p>0,05	p<0,05
5 г/л	21,39±0,32	0,03	15			p<0,05
10 г/л	21,88±0,24	0,02	15			p<0,05
12 г/л	21,28±0,21	0,05	15			p<0,05
15 г/л	20,10±0,37	0,03	15			p<0,05
Контроль	21,67±0,24	0,02	9			–

Примечание. Условные обозначения: Mean – среднее значение длины; SE – стандартная ошибка среднего; CV – коэффициент вариации, %; n – объем выборки.

Согласно данным табл. 2, максимальное значение средней длины личинок радужной форели в опытной группе с концентрацией раствора хлорида натрия 10 г/л составило 21,88 мм, что выше относительно контроля на 0,20 мм. В контрольной группе значение средней длины составило 21,67 мм. Различия по длине между исследуемыми группами статистически достоверны (p<0,05).

Скорость резорбции желточного мешка при использовании растворов NaCl. Скорость резорбции желточного мешка отражает степень использования питательных веществ личинками и является важным показателем оценки воздействия экзогенных факторов, в частности, постоянной солености на линейный рост радужной форели в период раннего онтогенеза.

В результате обработки данных были получены значения коэффициентов утилизации желточного мешка личинок радужной форели в исследуемых опытных группах и контроле, которые представлены в табл. 3.

Таблица 3. Коэффициент резорбции желточного мешка личинок радужной форели при использовании растворов NaCl различной концентрации при постоянной экспозиции

Сутки	Опытные группы					Контроль (вода)
	3 г/л	5 г/л	10 г/л	12 г/л	15 г/л	
1	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,20
3	0,19	0,20	0,20	0,21	0,22	0,19
6	0,19	0,18	0,20	0,20	0,20	0,18
8	0,17	0,18	0,17	0,20	0,20	0,18
10	0,17	0,15	0,16	0,18	0,20	0,16
13	0,17	0,13	0,13	0,18	0,19	0,16
15	0,15	0,13	0,12	0,17	0,18	0,15
17	–	–	–	0,17	0,18	0,15
20	–	–	–	0,16	0,16	0,15
23	–	–	–	–	0,16	–

Согласно данным таблицы, значения коэффициента в опытных группах с концентрацией 5 г/л и 10 г/л были ниже, чем в контрольной группе и составили соответственно 0,13 и 0,12. В контрольной группе коэффициент составил – 0,15. Предположительно, это связано с положительным участием NaCl в механизмах резорбции питательных веществ желточного мешка организмом.

Опытные группы с концентрацией 12 и 15 г/л относительно других групп и контроля показали худший показатель – 0,16. Отсутствие значений анализируемого показателя в опытных группах с концентрацией хлорида натрия 20 и 30 г/л связано с летальным исходом личинок в этих группах в начале эксперимента.

В первых трех опытных группах, а именно с концентрацией хлорида натрия 3, 5 и 10 г/л, окончательное рассасывание желточного мешка у всех личинок наблюдалось на 16 сутки эксперимента (табл. 3.). На 24 сутки эксперимента желточный мешок полностью рассосался личинками во всех исследуемых группах. Результаты статистического анализа полученных данных представлены в табл. 4.

Таблица 4. Статистический анализ значений коэффициента резорбции желточного мешка личинок радужной форели при использовании растворов NaCl различной концентрации

Группа	Mean±SE	CV, %	Тест Шапиро-Уилка	Тест Ливина	Тест Тьюки
3 г/л	0,15±0,020	0,03	p>0,05	p>0,05	p<0,05
5 г/л	0,13±0,023	0,03			p<0,05
10 г/л	0,12±0,017	0,02			p<0,05
12 г/л	0,17±0,024	0,03			p<0,05
15 г/л	0,18±0,023	0,02			p<0,05
Контроль	0,15±0,012	0,02			–

Примечание. Условные обозначения: Mean – коэффициент рассасывания желточного мешка; SE – стандартная ошибка среднего; CV – коэффициент вариации, %.

Таким образом, проанализировав результаты, можно сделать вывод, что при использовании растворов NaCl концентрацией 5 и 10 г/л с постоянной экспозицией достоверно увеличивается скорость резорбции желточного мешка личинок радужной форели.

Так, коэффициент резорбции желточного мешка личинок в опытных группах с концентрацией 5 и 10 г/л составил соответственно 0,13 и 0,12, в контрольной группе – 0,15.

Причем в первых трех опытных группах, а именно с концентрацией хлорида натрия 3, 5 и 10 г/л, окончательная резорбция желточного мешка у всех личинок наблюдалась на 16 сутки эксперимента. Во всех остальных исследуемых группах желточный мешок личинок полностью рассосался на 24 сутки эксперимента. Статистический анализ показал, что различия по значениям коэффициента резорбции желточного мешка личинок между исследуемыми группами достоверны.

Выживаемость личинок радужной форели при использовании растворов NaCl. Выживаемость является важным показателем оценки воздействия того или иного фактора на организм, в особенности относительно личинок радужной форели, динамика численности которых во многом опре-

деляется смертностью на ранних этапах развития, связанной с их высокой восприимчивостью к ряду абиотических факторов.

Результаты исследования воздействия растворов NaCl различной концентрации с постоянной экспозицией на выживаемость личинок радужной форели в опытных группах и контроле графически изображены на рисунке.

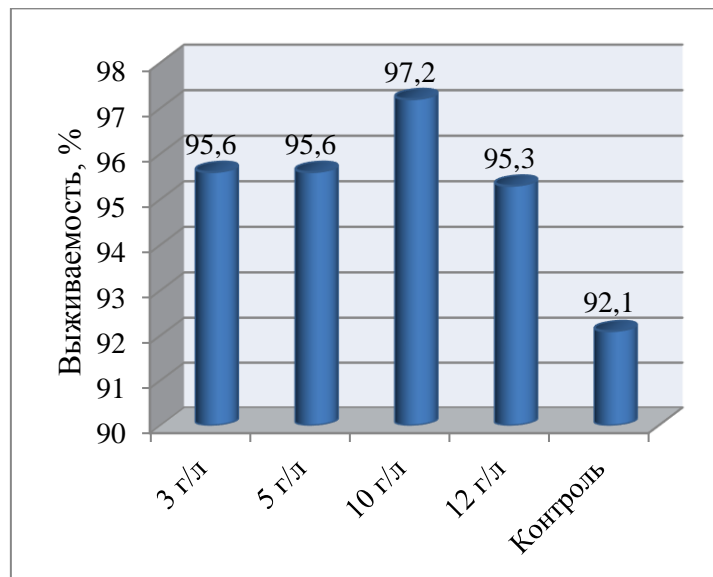


Рис. Выживаемость личинок радужной форели при использовании растворов NaCl различной концентрации с постоянной экспозицией

Из полученных результатов видно, что выживаемость в опытных группах с концентрацией раствора хлорида натрия 3, 5, 10 и 12 г/л выше, чем в контрольной группе.

Самый высокий показатель выживаемости наблюдался с концентрацией 10 г/л, он составил 97,2 %, что выше на 5 %, чем в контрольной группе. Выживаемость в контрольной группе за период эксперимента составила 92,1 %.

Следует отметить, что показатели средней длины личинок в этой группе также были самыми высокими.

Выживаемость в первых двух опытных группах с концентрацией растворов хлорида натрия 3 и 5 г/л наблюдалась одинаковая и составила 95,6 %, что выше относительно контроля на 3,5 %. Выживаемость при концентрации 12 г/л была незначительно ниже первых двух опытных групп – 95,3 %. В опытных группах с концентрацией 3, 5 и 10 г/л также закономерно наблюдались высокие показатели абсолютного и относительного прироста.

Концентрация хлорида натрия 30 г/л оказалась летальной для личинок. В опытной группе с концентрацией 20 г/л наблюдался крайне низкий показатель выживаемости – 6,9 %. Вероятно, здесь проявился сублетальный эффект такой концентрации.

Е. Ф. Титарев в своих работах указывал, что личинки форели могут выдерживать соленость воды от 5 до 7 ‰ [2], что эквивалентно соответственно концентрации растворов от 5 до 7 г/л хлорида натрия. Так, опытным путем было установлено, что личинки радужной форели не только способны выдерживать концентрации до 12 г/л, но и что лучшие показатели выживаемости и роста наблюдались при концентрации 10 г/л.

Таким образом, проанализировав результаты, можно сделать вывод, что использование растворов NaCl с постоянной экспозицией повышает выживаемость личинок радужной форели, в частности, наилучшие показатели наблюдались при использовании растворов концентрацией 3, 5, 10 и 12 г/л.

Причем при концентрации 10 г/л наблюдался самый высокий показатель выживаемости – 97,2 %, что выше на 5 %, чем в контрольной группе. Выживаемость при концентрации 3, 5 и 12 г/л составила соответственно 95,6 и 95,3 %, что выше относительно контроля на 3 %. Выживаемость в контрольной группе за период эксперимента составила 92,1 %.

Также следует отметить, что концентрации хлорида натрия 30 и 20 г/л оказались летальными и сублетальными для личинок.

Статистический анализ показал, что полученные данные прошли проверку на нормальность распределения и на однородность дисперсий. Различия по значениям выживаемости между исследуемыми группами статистически достоверны.

Заключение

Таким образом, повышение солености или добавка в пресную воду хлорида натрия усиливает жизнедеятельность рыб в стрессовых ситуациях. Вероятнее всего, это связано с тем, что подсаливание воды уменьшает степень оводнения и обессоливания организма. Повышение солености приводит к снижению и выравниванию осмотического и концентрационного градиента, а также соотношения концентрации хлористого натрия между организмом рыб и средой обитания. Это способствует облегчению осмотической и ионной регуляции, что благоприятно сказывается на организме как в нормальных, так и в экстремальных условиях.

По совокупности влияния на анализируемые признаки были выделены опытные группы с концентрацией хлорида натрия 5 и 10 г/л, как стимулирующие выживаемость и темп роста. Для организаций интенсивного выращивания рыбопосадочного материала радужной форели перспективно апробировать результаты исследований данной работы – использовать растворы NaCl концентрацией от 5 до 10 г/л включительно с постоянной экспозицией на личиночном этапе развития радужной форели в производственных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа развития рыбохозяйственной деятельности на 2016–2020 годы. – М-во сел. хоз. и продовольствия Республики Беларусь. – Минск, 2016. – 102 с.
2. Барулин, Н. В. Аквакультура ценных видов рыб и ресурсосберегающие технологии. В 3 ч. Ч. 1. Форелеводство: учеб.-метод. пособие / Н. В. Барулин. – Горки: БГСХА, 2018. – 237 с.
3. Агеец, В. Ю. Основные направления в разведении и выращивании ценных видов рыб в Беларуси / В. Ю. Агеец // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – Минск, 2016. – № 1. – С. 80–87.
4. Титарев, Е. Ф. Форелеводство / Е. Ф. Титарев. – М.: Пищ. пром-сть, 1980. – 168 с.
5. Мартемьянов В. И. Физиологический механизм влияния солоноватых вод на пресноводных рыб / В. И. Мартемьянов // Рыб. хоз-во. – 2008. – №2. – С. 31–33.
6. Effects of sodium chloride to early life stages of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>. – Date of access: 21.09.2019.
7. Sodium chloride as effective antifungal treatment for artificial egg incubation in *Austropotamobius pallipes* / T. Policar [et al.] // Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems – 2011.– Vol. 401– P. 1–13.
8. Барулин, Н. В. Статистическая среда R: набор методов для выполнения статистического анализа при обработке данных рыбохозяйственных исследований / Н. В. Барулин. – Горки: БГСХА, 2016. – 70 с.