

Лазерная стимуляция как способ повышения производительности инкубационных цехов рыбоводных заводов

639.3

Канд. биол. наук М.Г. Фельдман – доцент, С.Ю. Крутик – аспирант кафедры биоэкологии и ихтиологии Московского государственного университета технологий и управления

В настоящее время имеется обширная литература, в которой изложены различные аспекты механизмов воздействия лазерного излучения на биологические объекты (Минц Р.И., Скопинов С.А. Структурная альтерация биологических жидкостей и их моделей при инфракрасных воздействиях// Действие электромагнитного излучения на биологические объекты. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 6–41; Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии. М.: НПЛЦ «Техника», 2003. 256 с.).

Применение низкоинтенсивных лазеров в качестве стимулятора выживаемости эмбрионов рыб в инкубационных цехах рыбоводных заводов может значительно повысить их производительность (Аверьянова О.В. и др. Влияние низкоинтенсивного излучения гелий-неонового лазера на ранний эмбриогенез выюна// Информ. листок № 336-89 Калужского межотраслевого территориального центра научно-технической информации и пропаганды. 1989; Аверьянова О.В. и др. Исследование влияния лазерного излучения на раннее развитие выюна// «Вестник Московского университета». Сер. 16. Биология. 1991, № 1. С. 34–39; Бурлаков А.Б. и др. Исследование влияния лазерного излучения на эмбриональное развитие выюна// Биологически активные вещества и факторы в аквакультуре. М.: ВНИРО, 1993. С. 147–162; Попова Э.К., Осташков О.А. Влияние излучения гелий-неонового лазера на эмбриогенез рыб// Биологически активные вещества и факторы в аквакультуре. М.: ВНИРО, 1993. С. 140–147).

Однако одной из основных проблем применения низкоинтенсивной лазерной терапии является проблема определения оптимальных параметров воздействия. Ввиду отсутствия четкого представления о механизме действия лазера на биологические системы, определение оптимальных параметров осуществляется эмпирическим путем.

В настоящее время накоплен богатый эмпирический материал, отражающий влияние воздействия низкоинтенсивных лазеров различных экспозиционных доз, однако очень мало работ, посвященных изучению воздействия низкоинтенсивного импульсного лазерного излучения на различной частоте импульсов.

Материал и методы

Объектом нашего исследования была выбрана тетра-плотвичка (*Hemigrammus caudovittatus*). Источником излучения служил аппарат лазерной терапии «Мустанг-2000» (излучатель ЛО-2). Площадь поверхности облучения составляла 4 см². Одна и та же экспозиционная доза (D) может задаваться как частотой импульсов (F), так и временем экспозиции (T), что может оказывать различный биологический эффект. Большинство экспозиционных доз (D) задавались в наших исследованиях различным количеством частот импульса. Таким образом, каждый сеанс облучения характеризовался не только энергией воздействия, но и той час-

тотой импульсов, на которой она достигалась. Общее число сеансов облучений (экспозиций) равно количеству опытных групп.

Экспозиционная доза показывает количество энергии, сгенерированной АЛТ за один сеанс облучения (экспозиции):

$$D = P_{\text{имп}} \cdot F \cdot T.$$

Каждая группа состояла из 30 эмбрионов, размещенных в трех чашках Петри: десять эмбрионов на чашку. Для статистической обработки использовался двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями, а также t -тест Стьюдента.

Обычно выклев эмбрионов у тетры-плотвички происходит через 48 ч после нереста, а еще через 48 ч предличинки начинают переходить на активное питание и становятся личинками. Переход предличинок на активное питание завершал данное исследование.

Для определения воздействия низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения на эмбрионы и личинки рыб мы вели наблюдения за выклевом эмбрионов, выживаемостью предличинок в контроле (не облученных) и после воздействия низкоинтенсивного инфракрасного когерентного излучения.

Для содержания рыб-производителей использовали аквариумы объемом от 25 л, заполненные отстоянной водопроводной водой температурой 22° С. Для кормления может быть использован сухой корм, но во время подготовки к нересту необходимы живые корма (дафния, циклоп, мотыль, трубочник).

Основным показателем воздействия инфракрасного лазерного излучения является выживаемость эмбрионов. Процент оплодотворения выявляется уже через сутки после нереста. Неоплодотворенные икринки погибают и имеют неестественный вид (бледно-мутные или прозрачные).

Становятся белыми также и погибшие эмбрионы, вследствие коагулирования белка.

Выклевание предличинок – наиболее важный этап, завершающий эмбриональное развитие у рыб. Эмбрионы, достигшие стадии выклева, в результате неблагоприятного воздействия часто оказываются неспособными выйти из оболочек и погибают.

Результаты и обсуждение

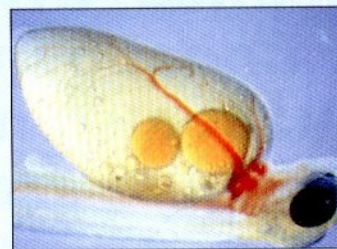
Исследование развития икры тетры-плотвички при действии лазерного инфракрасного излучения с частотами импульсов 150; 300; 450; 600; 1200 Гц и экспозиционными дозами 0,009; 0,0144; 0,006 Дж позволило установить следующее (табл. 1). В ходе исследования выяснилось, что выживаемость эмбрионов в контрольной группе составила 70 %, в опытных же результат отличался как в положительную, так и в отрицательную стороны. Выживаемость эмбрионов в среднем по каждой из опытных групп показана в табл. 2 и на рисунке.

Данные многофакторного дисперсионного анализа с повторениями, представленные в табл. 2, показывают достоверность

Таблица 1

Количество выживших эмбрионов, % от посадки

Экспозиционные дозы	Частота импульса				
	150 Гц	300 Гц	450 Гц	600 Гц	1200 Гц
0,006 Дж	83,3	93,3	93,3	93,3	93,3
0,009 Дж	60	40	56,66	60	70
0,0144 Дж	56,7	53,3	63,3	56,7	70
Контроль	70				



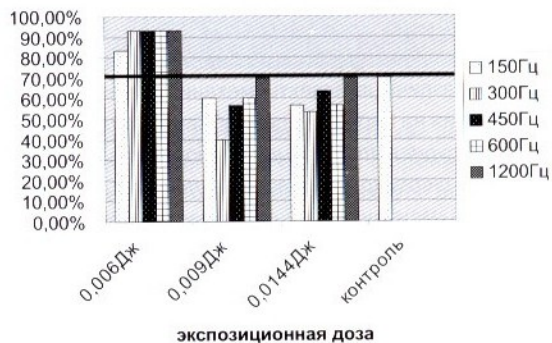
расхождения математических ожиданий между группами выборок, что говорит о статистической значимости результатов воздействия низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения (НИЛИ) для каждой пары «частота/экспозиционная доза». В табл. 2 показана вероятность нулевой гипотезы при критическом значении альфа 0,05. Как видно, эти вероятности очень малы, а это значит, что эффект воздействия НИЛИ на выживаемость эмбрионов тетры-плотвички статистически значим. Показана вероятность воздействия каждого параметра, составляющего воздействие НИЛИ (частота импульсов, экспозиционная доза). Как видим, здесь присутствует значимость каждого параметра по отдельности и во взаимодействии.

Все выжившие личинки перешли на активное питание. Морфологических отклонений у них не наблюдалось.

Таким образом, данные, полученные на эмбрионах тетры-плотвички, свидетельствуют о важности такого параметра НИЛИ, как частота импульсов. Так, при экспозиционной дозе 0,009 Дж и частоте импульса 300 Гц процент выживаемости составлял 40 % (в контроле – 70 %). При той же экспозиционной дозе, но на частотах импульсов 150 и 600 Гц процент выживаемости составлял 60 %.

Таким образом, можно утверждать, что излучение с экспозиционной дозой 0,006 Дж оказывает стимулирующий эффект на выживаемость эмбрионов, это особенно справедливо на ча-

количество выживших эмбрионов



Количество выживших эмбрионов, % от посадки

ся хорошего терапевтического эффекта при меньших экспозиционных дозах и более кратковременном воздействии на организм.

Частотная характеристика НИЛИ важна по двум основным причинам. Во-первых, посредством подбора необходимой частоты можно регулировать величину средней выходной мощности лазерного излучения, а через нее – и дозу воздействия. Во-вторых, частота излучения (особенно в области относительно небольших частот – от 1 до 500 Гц) несет информационную ком-

Таблица 2

Данные двухфакторного дисперсионного анализа

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F (критическое)
Экспозиционная доза	86,57778	2	43,29	69,571	5,40772 · 10 ⁻¹²	3,315829501
Частота импульса	5,911111	4	1,478	2,375	0,074359537	2,689627574
Взаимодействие	20,75556	8	2,594	4,1696	0,001906947	2,266163274
Внутри	18,66667	30	0,622	-	-	-
Итого	131,9111	44	-	-	-	-



стотах импульса 300; 600 и 1200 Гц. А экспозиционные дозы 0,009 и 0,0144 Дж оказывают отрицательное действие на выживаемость на всех частотах импульсов, особенно при 300 Гц на экспозиционной дозе 0,009 Дж. При стимулирующей экспозиционной дозе 0,006 Дж частота импульсов 300 Гц давала 93,3 %, как и частоты импульсов 600 и 1200 Гц, а частота импульсов 150 Гц – только 83,3 %.

Вопрос о частоте при импульсном режиме лазерного воздействия на биологические объекты остается наиболее сложным. Его решение лежит пока в плоскости эмпирического поиска наиболее эффективных частот импульсного воздействия. Использование импульсного режима НИЛИ позволяет создать более эффективные и оптимальные условия для лазерного воздействия (по сравнению с непрерывным излучением) за счет высокой концентрации световой энергии в импульсе и возможности добить-

понтенту, так как она может оказаться резонансной к частотам тех или иных изменений функциональной активности структур или процессов, протекающих в организме (Козлов В.И. Фотобиостимуляция – основа лазерной терапии // Науч.-информ. сб. «Использование лазеров для диагностики и лечения заболеваний». Вып. III. М., 2001. С. 5–11).

Заключение

Вскрытые в работе закономерности воздействия низкоинтенсивного инфракрасного лазерного излучения на выживаемость гидробионтов могут найти практическое применение в области культивирования водных организмов. Использование низкоинтенсивной лазерной стимуляции в рыбоводстве, согласно полученным данным, может значительно повысить выживаемость предличинок в процессе эмбрионального развития.