

УДК 597.21.5/574.64

ВЛИЯНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ НА РОСТ МАЛЬКОВ ГУППИ *POEICILIA RETICULATA* PETERS, 1859.

Подопригора В. Н., Алексашкин И. В.

В замкнутых водных системах большое влияние на рост рыб оказывает концентрация органических веществ в воде. Повышенная концентрация метаболитов не только опосредованно [1] но и прямо [2] тормозит развитие водных организмов. поэтому при выращивании рыбы в замкнутых водных системах основной задачей является удаление органических веществ из воды. Химики предлагают использовать химические способы очистки воды, одним из которых является перекисное окисление [3]. каталитическое перекисное окисление является одним из естественных способов окисления органики в водоемах [4]. Некоторые авторы предлагают добавлять перекись и катализаторы прямо в водоемы и утверждают, что после добавления перекиси и катализаторов существенно повышалась выживаемость рыб [3]. В литературных источниках нет достоверных данных о том, как рыба растет в среде каталитического перекисного окисления. цель нашей работы – выяснить, как каталитическое окисление влияет непосредственно на рост рыб (на примере мальков гуппи).

Материалы и методы

В качестве подопытных животных использовались недельные мальки гуппи *Poeicilia reticulata* Peters, 1859. Рыбы этого вида населяют северную часть Ю. Америки и острова Барбадос и Тринидад. Длина самца у природной формы до 3 см., а самки до 6 см. У селекционных форм самец до 4,5 см, самки до 8 см. Оптимальные показатели воды для них – $t^{\circ} - 20 - 28^{\circ}\text{C}$, dH – 6.5 – 8.5, pH – 7 – 7.5. [5]. Малек был генетически однороден. к началу эксперимента, все подопытные нормально питались и были активны.

Эксперимент проводился в шести одинаковых бескаркасных аквариумах (22 см х 49см х 22см). В аквариуме по двадцать литров воды. для уменьшения испарения аквариумы накрывались стеклами, в которых были сделаны отверстия для кормления и ввода воздухопроводной трубки. Задняя и две боковые стенки аквариумов обшивались плотным картоном. В этом случае во все сосуды через передние стенки попадало одинаковое количество света. Аквариумы были пронумерованы. В каждый аквариум мы посадили по пять мальков.

В аквариумы была залита водопроводная вода, которая отстаивалась в течение недели. По мере испарения в аквариумы доливалась дистиллированная вода. Подмена воды и другие профилактические мероприятия не проводились.

Аквариум №1 был контрольным - в него ни чего не добавляли. во все остальные аквариумы долили 10^{-3} моль/л перекиси водорода (H_2O_2). В сосуд №2 катализаторов не добавляли; в №3 добавили 0,15 мг/л Fe^{3+} и 0,2 мг/л Cu^{2+} ; в №4 – 0,2 мг/л MnO_4^- ; в №5 - 0,2 мг/л Cu^{2+} в №6 - 0,15 мг/л Fe^{3+} . Перекись и катализаторы добавлялись в аквариумы только в первый день эксперимента.

Начиная с первого дня эксперимента, в 9⁰⁰ из каждого аквариума брались пробы воды для определения химического потребления кислорода (ХПК), водородного показателя (рН) и редокспотенциала воды (Еh) [6]. Первые пробы была взяты в аквариумах перед посадкой малька, добавлением перекиси и катализаторов.

В качестве корма использовали трубочника, который промывали не менее недели. После промывки сачок с червями помещали над кристаллизатором для того, чтобы стекла вода. Трубочник взвешивали на технических весах. Перед использованием корм измельчали так, чтобы самые мелкие мальки могли его поглощать без затруднений. Оптимальную массу корма определяли в ходе предварительного эксперимента следующим образом. В каждый аквариум бросали корм из расчета 2мг корма на 1мг живого веса рыбы. к концу девятичасового светового дня в каждом сосуде корм оставался. Эти остатки удалялись. на следующий день в каждый из аквариумов давалось на 10 мг корма меньше, чем в предыдущий день. таким образом, было установлено, что оптимальное соотношение, это – 1 мг трубочника на 1 мг живого веса рыбы в день. Дневную норму давали рыбе утром после взятия проб воды для химического анализа.

Рыбу взвешивали каждые четыре дня на торсионных весах. Малька с помощью сачка помещали в миниатюрный садок сделанный из тюлевой ткани и взвешивали (m_1), после чего взвешивали только садок (m_2). Разница между общей массой m_1 и массой садка m_2 является массой малька ($m = m_1 - m_2$). Общую длину (L) рыб измеряли с помощью штангенциркуля. После обмеров малька выпускали в отдельный сосуд.

Для статистической обработки полученных данных использовался дисперсионный и корреляционный анализы. для оценки достоверности данных использовался t – критерий Стьюдента [7].

Результаты их обсуждения

На шестой день эксперимента в аквариумах №3 и №5 малек перестал нормально питаться, у них наблюдалось характерное потемнение тела и нарушение координации движений. Эти симптомы характерны для заражения факультативным паразитом *Tetrahymena pyriformis* [8]. На седьмой день с момента начала эксперимента в этих двух аквариумах все рыбы погибли. Трупы разложились в течение пяти дней, на них

не наблюдались ни бактериальная слизь, ни грибковый налет. В пятый аквариум после дезинфекции концентрированным раствором (kmno_4), были посажены пять мальков из того же выводка, что и предыдущие. В течение четырех дней мальки нормально питались и были активны. На пятый день в сосуд долили 10^{-3} моль/л перекиси водорода (H_2O_2) и 0,2 мг/л Cu^{2+} . На седьмой день после добавления реактивов из пяти мальков умерло четыре с такими же симптомами, как и у предыдущих подопытных рыб. С полной уверенностью можно утверждать что, *T. pyriformis* присутствовала и во всех остальных аквариумах, так как для взвешивания мальков из всех аквариумов вылавливали одним сачком, который не дезинфицировали, во время кормления лопатку с кормом окунали в воду и так же не дезинфицировали. Смертность мальков в аквариумах №3 и №5 мы связываем с наличием в них ионов Cu^{2+} , которые вредны для водных организмов в том числе для рыб [9]. воздействие меди ослабило иммунитет мальков, в результате чего они подверглись нападению *T. Pyriformis*. Это полисапробная, свободноживущая форма, может паразитировать на поверхности и даже внутри рыб многих видов (возможно, на всех пресноводных и морских рыбах) [10]. Во всех остальных аквариумах мальки нормально питались и были активны до конца эксперимента.

Зависимость длины тела рыбы от массы не вызывает сомнения. В естественной среде обитания под влиянием различных факторов рыбы растут неравномерно. Любое продолжительное негативное воздействие сказывается на массе рыбы [2]. Для природных водоемов весной характерны резкие перепады температуры, которые вызывают у рыб стрессовое состояние. Иммунитет у малька в таком состоянии ослаблен, в результате чего он часто болеет. В этот период малек теряет массу, и перестает расти. Летом в воде становится меньше кислорода, в результате перегрева водоемов, цветения воды и процессов разложения органических остатков. Это также тормозит рост и служит причиной снижения массы рыб. В результате затушевывается главная зависимость длины рыбы от её массы, которая теоретически должна выглядеть в виде степенной кривой и описываться формулой $y = a \times x^b$ [2]. Как видно на рисунках 1 – 4, точки, полученные экспериментальным путем, практически совпадают с теоретической кривой, что подтверждает близкая к единице величина достоверности аппроксимации R^2 ($R^2_1=0.96$, $R^2_2=0.96$, $R^2_3=0.95$, $R^2_4=0.95$). значит, рыбы росли равномерно. Следовательно, в течение эксперимента, были устранены факторы, которые нарушают равномерный рост рыбы. На графиках видна четкая зависимость длины от массы, которая наблюдалась в каждом аквариуме для всех мальков. Следовательно, в условиях данного эксперимента зная, как изменяется длина рыб, мы с высокой точностью можем судить об изменениях их массы. Дальнейший математический анализ проводили, используя общие длины мальков.

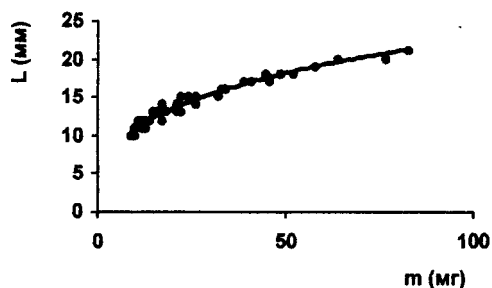


Рис. 1. Зависимость длины (L) от массы (m) мальков гулли в аквариуме №1.

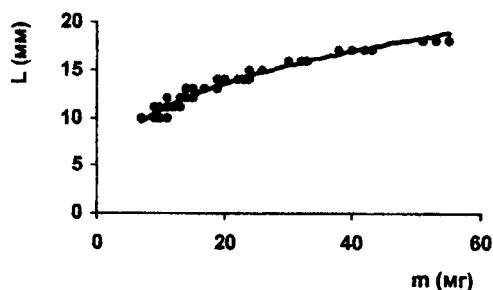


Рис. 3. Зависимость длины (L) от массы (m) мальков гулли в аквариуме №4.

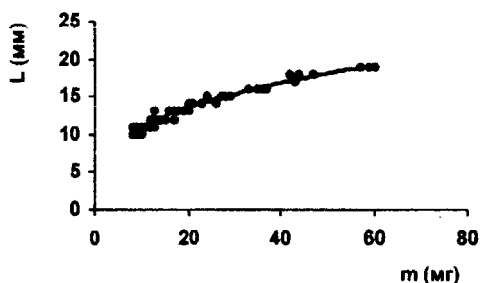


Рис. 2. Зависимость длины (L) от массы (m) мальков гулли в аквариуме №2.

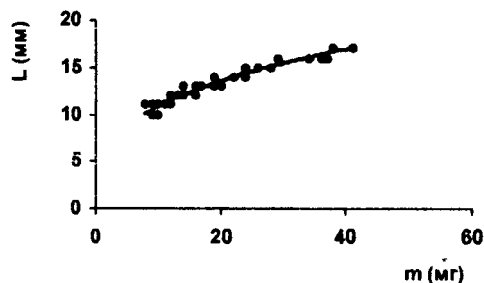


Рис. 4. Зависимость длины (L) от массы (m) мальков гулли в аквариуме №6.

В течение эксперимента рыбу обмеряли и взвешивали 10 раз. После каждого взвешивания вычисляли среднюю массу мальков $m_{\text{ср}}$ и общую длину $L_{\text{ср}}$ и ошибку для

них S по формуле $S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$ полученные данные приведены в таблице 1

В начале эксперимента мальки во всех четырех аквариумах практически одинаковы. Это подтверждает оценка разности средних длин мальков с помощью t -

критерия Стьюдента, который вычисляется по формуле $t = \frac{d}{S_d}$ где $d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$,

$S = \sqrt{S_{x_1}^2 + S_{x_2}^2}$ [7]. Средние общих длин мальков во всех аквариумах не отличаются.

Установленные нами величины критериев Стьюдента (t_{ϕ}) гораздо меньше стандартных

Таблица 1

№аква риума	1		2		4		6	
	$m_{cp} \pm S$	$L_{cp} \pm S$	$m_{cp} \pm S$	$L_{cp} \pm S$	$m_{cp} \pm S$	$L_{cp} \pm S$	$m_{cp} \pm S$	$L_{cp} \pm S$
1	9,2±0,2	10,0±0	8,6±0,4	10,2±0,2	9,2±0,7	10,0±0	9,2±0,4	10,4±0,2
2	12,0±0,6	11,6±0,2	10,0±0,3	10,8±0,2	9,8±0,2	10,6±0,2	10,4±0,5	11,0±0
3	13,0±0,8	12,0±0,3	12,8±0,4	11,6±0,2	10,8±0,5	11,2±0,2	10,6±0,4	11,0±0
4	16,2±0,4	13,0±0,3	14,0±0,7	12,2±0,2	12,8±0,2	11,6±0,2	12,2±0,6	11,6±0,2
5	20,8±0,7	13,6±0,4	16,8±1,0	12,8±0,2	15,0±0,5	12,6±0,2	14,0±0,5	12,2±0,2
6	24,3±1,2	14,5±0,3	21,0±0,7	13,8±0,3	18,8±0,6	13,5±0,3	17,5±0,9	13,0±0
7	31,5±1,9	15,5±0,3	26,3±0,9	14,8±0,3	23,3±0,5	14,3±0,3	20,3±1,3	13,8±0,3
8	40,8±3,0	17,0±0,4	33,3±1,5	15,8±0,3	29,5±1,3	15,8±0,3	24,5±1,0	14,8±0,3
9	51,5±4,1	18,3±0,5	41,5±1,6	17,3±0,5	38,3±1,9	16,8±0,3	29,3±1,7	15,5±0,3
10	69,0±6,9	19,8±0,6	55,8±3,0	18,8±0,3	50,5±2,6	17,8±0,3	38,0±1,1	16,5±0,3

значений (t_{st}) при степени свободы $k=8$. Зато после последнего взвешивания средняя длина мальков в контрольном аквариуме достоверно отличилась от средней длины в четвертом и шестом аквариумах: соответственно $t_{1,4} > t_{st} = 2,95 > 2,45$; $t_{1,6} > t_{st} = 2,95 > 2,45$, и не было выявлено отличий между мальками в первом и втором аквариумах $t_{1,2} < t_{st} = 2,95 < 2,45$. Во всех остальных сосудах рост мальков достоверно отличился ($t_{2,4} > t_{st} = 2,63 > 2,45$; $t_{2,6} > t_{st} = 5,89 > 2,45$; $t_{4,6} > t_{st} = 3,27 > 2,45$). Приведенные данные иллюстрирует рисунок 5. Из него видно, что в контрольном аквариуме рыба росла лучше всего. В аквариумах с перекисью водорода - рыба росла быстрее в сосуде без катализаторов. Хуже всего малек рос в воде с присутствием ионов железа.

Полученные данные однозначно говорят о том, что, каталитическое перекисное окисление тормозит рост рыб. Об этом можно судить по рисунку 5 и по достоверной разнице средних масс мальков в аквариумах без катализаторов и в аквариумах с присутствием ионов металлов. Неизвестно, что тормозило рост мальков в аквариумах, сам процесс каталитического перекисного окисления или катализаторы. Для выяснения этого необходимы дополнительные эксперименты. Сама перекись водорода, по - видимому, не влияет на рост рыб (в конце эксперимента разница средних масс рыб в аквариумах №1 и №2 не достоверна). Но на рисунке 5 видно, что, масса рыб в контрольном аквариуме росла быстрее, чем во втором аквариуме, что дает нам основание предположить, что сама реакция перекисного окисления тормозит рост мальков. В пользу этого утверждения говорит тот факт, что скорость роста мальков была обратно пропорциональна скорости реакции каталитического перекисного окисления (рис. 5), которая зависит от катализаторов [11].

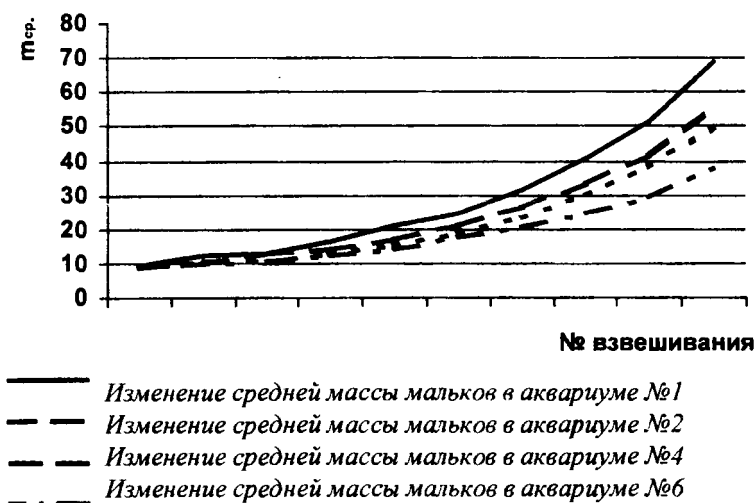


Рис. 5 Динамика изменения средней массы мальков ($m_{\text{ср}}$) в течении эксперимента

Выводы

1. Каталитическое перекисное окисление ионами металлов переменной валентности тормозит рост рыб.

2. В замкнутых водных системах для выращивания рыбы нельзя использовать катализаторы для активизации естественных перекисных процессов, так как это будет негативно сказываться на приросте их биомассы.

Список литературы

1. Степанов Д.Н. Морской аквариум дома. – М.: Экоцентр-ВНИРО, 1994. – 174с.
2. Мина М. В., Клевезаль Г. А. Рост животных. – М.: Наука, 1976. – 291с.
3. Богдановский Г.А. Химическая экология. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 237 с.
4. Першина Е. Д., Алексашкин И. В., Стрижевский А. И., Лиховид Е. Г. Потенциал самоочищения природных водоемов. // Учёные записки ТНУ. Серия: География, 2001. – Т. 14. – №1. – С. 97 – 101.
5. Полонский В. Д. Энциклопедия аквариумиста. – М.: Локид/Престиж, 2001. – 407 с.
6. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. – М.: Химия, 1974. – 336 с.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологич. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1980. – 293с.
8. Мирошниченко А. И., Подопригора В. Н., Каширская Ю. К. Об опасном заболевании радужной форели // Мат. I всеукраинской конференции “Проблемы ихтиопатологии”. – Киев, 2001. – С 81 – 84.
9. Арсан В. О. Вплив іонів міді водного середовища на активність цитохромоксидази в тканинах коропи // Мат. I всеукраїнської конференції “Проблеми їхтиопатології”. – Київ, 2001. – С 14 – 15.

-
10. Шульман С. С., Янковский А. В. Класс Hymenostomata/ Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 1. Паразитические простейшие. Под ред. Скарлато О. А. – Л.: Наука, 1984. – С. 267–274.
 11. Сычев А.Я., Травин С.О., Дука Г.Г., Скурлатов Ю.И. Каталитические реакции и охрана окружающей среды. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 272 с.

Поступила в редакцию 3.04.2003 г.