

УДК 57.013+577.16

С.А. ПЕТРОВ, д. б. н., професор,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України,
вул. Маяцька дорога, 24, Хлібодарське, Одеська обл., 67667, Україна
ORCID 0000-0001-9390-4006

І.Ю. ГРИШОВА, д. економ. наук, професор,
помічник директора з міжнародної діяльності,
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН України
вул. Маяцька дорога, 24, Хлібодарське, Одеська обл., 67667, Україна
ORCID 0000-0001-6276-7619

О.К. БУДНЯК, к. б. н., доцент,
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65058, Україна
ORCID 0000-0002-8256-4664

Ю.В. КАРАВАНСЬКИЙ, ст. викл.,
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65058, Україна,
e-mail: biochem_bio_onu@ukr.net

С.С. ЧЕРНАДЧУК, к. б. н., доцент,
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65058, Україна
ORCID 0000-0003-3109-7418

А.В. СОРОКІН, к. б. н., доцент,
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65058, Україна
ORCID 0000-0002-9151-6488

ВПЛИВ ТІАМІНУ ТА ЙОГО ПОХІДНИХ НА ВИЖИВАННЯ ПЕРЕДЛИЧИНОК *Danio rerio* ЗА ДІЇ РІЗНОЇ СОЛОНОСТІ

*Наведено результати дослідження дії тіаміну та його катаболітів — тіамін-дисульфїду, тіохрому та 4-метил-5-β-оксиетилтіазолу на виживання передличинок *Danio rerio* за різної солоності. Встановлено відсутність впливу тіаміну та його катаболітів на розвиток ікри при солоності середовища у діапазоні 0—3 ‰. При підвищенні солоності виживання передличинок зменшувалось, а в присутності в середовищі тіаміну та його похідних відбувалось подальше погіршення показника виживання, проте дія вітамінних похідних була індивідуальною.*

Ключові слова: тіамін, похідні тіаміну, *Danio rerio*, солоність.

Ц и т у в а н н я: Петров С.А., Гришова І.Ю., Будняк О.К., Караванський Ю.В., Чернадчук С.С., Сорокін А.В. Вплив тіаміну та його похідних на виживання передличинок *Danio rerio* за дії різної солоності. *Гідробіол. журн.* 2024. Т. 60. № 5. С. 72—78.

Тіамін, вітамін В₁, привернув увагу дослідників у зв'язку з його важливістю для метаболізму риб. Так, низький рівень тіаміну викликав високу смертність на ранніх стадіях життя риб [7], смертність мальків (так званий синдром Каюга) у атлантичного лосося *Salmo salar* з оз. Каюга (Нью-Йорк) [9]. Також відмічається позитивний вплив тіаміну на фізіологічні зміни, продуктивність та репродуктивні показники нересту осетра стерляді *Acipenser ruthenus* [6] та ін. Дефіцит тіаміну у представників багатьох таксонів призводить до порушення неврологічних [7] та інших функцій [4]. Але мова у згаданих роботах йде тільки про тіамін, хоча його катаболіти також можуть приймати участь у важливих процесах в організмах тварин різних таксонів. Так, нами були досліджені некоферментні ефекти тіаміну та його катаболітів, пов'язані з процесами репродукції у *Chlorella*, *Drosophila melanogaster* та *Danio rerio* [13]. Також вивчали вплив тіаміну та його похідних на виживання передличинок *Danio rerio* за різних температур [3]. У роботах науковців кафедри біохімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова було продемонстровано інгібуючий вплив тіаміну і деяких його метаболітів на ряд важливих для розвитку окремих тканин та всього організму в цілому ферментів, таких як піруватдегідрогеназного та 2-оксоглутаратдегідрогеназного комплексів, лактатдегідрогенази, алкогольдегідрогенази, аспартамінотрансферази тощо, які приймають участь у ключових процесах життєдіяльності організмів [2, 13, 17]. Подібні процеси можуть відбуватися і в організмах представників інших таксонів, зокрема риб.

Danio rerio, тропічний прісноводний вид риб, який завдяки генетичним властивостям, невеликому розміру, низькій вартості і швидкому розвитку є універсальним експериментальним хребетним, на якому можна проводити дослідження токсикологічного, біомедичного напрямків, скринінгу ліків тощо [5, 10, 16]. Це достатньо зручний біооб'єкт, на якому в різних умовах середовища можна вивчати дію вітамінів та їхніх катаболітів на процеси обміну речовин у риб.

Однією з проблем при ставковому вирощуванні риб є вплив солоності на процеси їхнього розмноження [11, 12]. Загальні аспекти цього процесу докладно описано у літературі, наприклад [8, 15], проте дію вітамінів та їхніх похідних, а саме тіаміну та його головних катаболітів, за різних значень солоності не досліджено.

Тому метою нашої роботи було визначити ступінь модифікуючої дії тіаміну та його катаболітів — тіаміндисульфід, тіохрому та 4-метил-5- β -оксиетилтіазолу на деструктивний вплив солоності по відношенню до життєздатності передличинок *Danio rerio* на стадії викльову.

Матеріал і методика досліджень

Danio rerio є широко поширеним тест-організмом, який використовується у біологічних дослідженнях [5, 10, 16]. В експерименті використовували лабораторну популяцію (лінію) цього виду, що не містила трансгенних елементів і фенотипічно відповідала природній. Плідників утримували в акваріумах об'ємом 200 л за наступних параметрів середовища:

pH — 7,8, GH — 14 °, температура — 26 °C, воду цілодобово аерували і фільтрували, щотижня поновлювали 10 % об'єму. Риб годували личинками *Chironomus plumosus*. Для проведення нересту використовували ємності розміром 50×50×25 см, на дні яких знаходилась захисна сітка для запобігання поїдання ікри плідниками, над сіткою розміщували синтетичний субстрат у вигляді пучка ниток. Ємності заповнювали водою і підтримували наступні характеристики: pH — 7,0, GH — 0 °, температура — 26 °C. Після нересту риб запліднену ікру по 100 шт. поміщали у пластикові контейнери об'ємом 100 мл, заповнені розчином досліджуваних речовин у концентрації: тіаміну, тіаміндисульфід, тіохрому — 0,75 мг/дм³, 4-метил-5-β-оксиетилтіазолу — 0,375 мг/дм³. У контрольних контейнерах ікру утримували у чистій воді.

Дослідні і контрольні ємності поміщали в термостат за температури 26 °C. Життєздатність передличинок визначали на стадії викльову (72 год після нересту).

У першій частині роботи ми підраховували кількість передличинок, що виживали за дії тіаміну та його похідних у діапазоні солоності 0—9 ‰. Цей діапазон вибраний тому, що відомий так званий діапазон Хлебовича, за яким діапазон солоності від 5 до 8 ‰ є межею існування між прісноводними і солонуватоводними видами з одного боку, та океанічними і морськими видами — з іншого. Це актуально для нашого дослідження, оскільки *D. rerio* є прісноводним видом [14].

У другій частині дослідів ми вивчали вплив тіаміну та його метаболітів на виживання передличинок *D. rerio* при меншому діапазоні солоності — від 0 до 3 ‰ (табл. 2), тому що при великих концентраціях на дані сильно впливала саме солоність, а додавання в середовище вітамінних похідних тільки погіршувало її дію.

Отримані дані обробляли статистично застосовуючи U-критерій Манна — Уїтні з попереднім використанням тесту Колмогорова — Смирнова для визначення відмінностей у парних порівняннях [1].

Результати досліджень та їх обговорення

За дії солоності в діапазоні від 0 до 9 ‰ ми отримали поступове зменшення виживання передличинок *D. rerio* при збільшенні солоності як в контролі, так і за дії всіх похідних тіаміну (табл. 1). Достовірне зменшення виживання спостерігалось при солоності 5—9 ‰, а у варіанті з тіаміндисульфідом — ще й при 3 ‰.

Виходячи з даних таблиці 1, можна зробити висновок, що тіамін та всі тіамінові метаболіти (окрім тіаміндисульфід) зменшують виживання передличинок *D. rerio*, але при різній солоності. Так, тіамін істотно зменшував показник, що досліджували, при 9 ‰, тіохром — при 5 та 7 ‰, а 4-метил-5-β-оксиетилтіазол — у діапазоні 5—9 ‰.

Дані з виживання передличинок *D. rerio* при меншому діапазоні солоності — від 0 до 3 ‰ — наведено у таблиці 2.

Таблиця 1

Виживання (%) передличинок *Danio rerio* за дії тіаміну та його похідних в умовах різної солоності (у діапазоні 0—9 ‰)

Варіанти	Медіани і проценти	Солоність, ‰				
		0	3	5	7	9
Контроль	Медіана	79	77	51**	32**	12**
	25-й	73	74	46	30	9
	75-й	84	80	51	34	12
Т	Медіана	82	79	42**	29**	4*,**
	25-й	72	74	40	25	3
	75-й	89	81	47	29	7
ТДС	Медіана	89	79**	44**	27**	7**
	25-й	84	69	40	24	7
	75-й	91	81	45	31	9
ТХ	Медіана	80	78	39*,**	20*,**	10**
	25-й	79	74	38	19	8
	75-й	83	83	39	27	11
ТЗ	Медіана	87	74	41*,**	19*,**	4*,**
	25-й	81	74	40	18	3
	75-й	88	80	43	23	4

Примітка. Тут і в табл. 2: Т — тіамін; ТДС — тіаміндисульфід; ТХ — тіохром; ТЗ — 4-метил-5-β-оксипіридолін. * Відмінності дії тіаміну та його метаболітів порівняно з контролем в рамках однієї солоності достовірні ($p \leq 0,05$). ** Відмінності з нульовою солоністю в рамках одного варіанту достовірні, $p \leq 0,05$.

Таблиця 2

Виживання (%) передличинок *Danio rerio* за дії тіаміну та його похідних в умовах різної солоності (у діапазоні 0—3 ‰)

Варіанти	Медіани і проценти	Солоність, ‰						
		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Контроль	Медіана	87	81	84	84	79	75	81
	25-й	84	74	84	83	77	70	80
	75-й	91	88	90	87	82	84	86
Т	Медіана	89	83	81	83	76**	81	85
	25-й	88	74	81	79	75	77	83
	75-й	90	85	82	84	83	84	87
ТДС	Медіана	90	82**	84	87	79**	83	73**

Продовження табл. 2

Варіанти	Медіани і проценти	Солоність, ‰						
		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
ТХ	25-й	87	81	70	85	79	74	71
	75-й	92	84	85	91	80	85	82
	Медіана	90	75	75	81	79	87	79
ТЗ	25-й	75	74	72	74	74	81	77
	75-й	91	80	80	82	81	89	82
	Медіана	80	84	85	86	89	88	74
	25-й	79	79	83	75	83	83	69
	75-й	89	89	90	91	89	93	77

** Відмінності з нульовою солоністю в рамках одного варіанту достовірні, $p \leq 0,05$.

Згідно даних таблиці 2, всі достовірні відмінності були викликані виключно дією солоності, і всі вони свідчать про зменшення виживання передличинок *D. rerio*. Таке зменшення виживання спостерігали за дії солоності та тіаміну — при 2 ‰, за дії тіаміндисульфіді — при солоності 0,5, 2 та 3 ‰.

Таким чином, дія тіаміну та його похідних була суттєвою при солоності вище 5 ‰. При цьому тіамін та його метаболіти погіршували виживаність передличинок *D. rerio*, але максимум їхньої дії індивідуально залежав від солоності.

Висновки

У процесі розвитку передличинок *Danio rerio* при солоності від 0 до 3 ‰ не було визначено істотного впливу тіаміну, тіаміндисульфіді, 4-метил-5- β -оксиетилтіазолу та тіохрому на їхнє виживання.

Підвищення солоності зменшувало виживання передличинок *D. rerio*, а додавання тіаміну та його метаболітів (окрім тіаміндисульфіді), особливо при солоності у діапазоні 5—9 ‰, погіршувало цей процес порівняно з контрольною групою.

Список використаної літератури

1. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. 2-е изд., перераб. и дон. Киев: МОРИОН, 2001. 408 с.
2. Петров С.А. Вивчення регуляторних властивостей катаболітів тіаміну в організмі. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. Біологічна*. 2016. Вип. 73. С. 182—185.
3. Петров С.А., Будняк О.К., Караванський Ю.В. Вплив тіаміну та його похідних на виживаність передличинок *Danio rerio* за різних температур. *Гідробіол. журн.* 2021. Т. 57. № 1. С. 80—84.

4. Петров С.А., Запорожченко О.В., Будняк О.К. та ін. Вітамінологія. Підручник. Одеса: ВМБ, 2014. 228 с.
5. Collin J., Martin P. Chapter 13 — Zebrafish as a research organism: *Danio rerio* in biomedical research / Ed. by Morteza Jalali, Francesca Y.L. Saldanha, Mehdi Jalali. // *Basic Science Methods for Clinical Researchers*. Acad. Press, 2017. P. 235—261.
6. Ghiasi S., Falahatkar B., Arslan M., Dabrowski K. Physiological changes and reproductive performance of Sterlet sturgeon *Acipenser ruthenus* injected with thiamine. *Animal Reproduction Science*. 2017. Vol. 178. P. 23—30.
7. Harder A. M., Ardren W. R., Evans A. N. et al. Thiamine deficiency in fishes: causes, consequences, and potential solutions. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 2018. Vol. 28. P. 865—886.
8. Holt G.J., Holt S.A. Effects of variable salinity on reproduction and early life stages of spotted seatrout. *Biology of the spotted seatrout* / Ed. by S.A. Bortone. Boca Raton : CRC Press, 2022. P. 149—160.
9. Ketola H.G., Bowser P.R., Wooster G.A. et al. Effects of thiamine on reproduction of *Atlantic salmon* and a new hypothesis for their extirpation in Lake Ontario. *Transact. Amer. Fish. Society*. 2000. Vol. 129 (2). P. 607—612.
10. Lessman C. A. The developing zebrafish (*Danio rerio*): A vertebrate model for high throughput screening of chemical libraries. *Birth Defects Research. Part C: Embryo Today: Reviews*, 2011. Vol. 93(3). P. 268—280.
11. Neves L.D.C., Cipriano F., Silva Lorenzini J.P. et al. Effects of salinity on sexual maturity and reproduction of *Poecilia velifera*. *Aquacul. Res*. 2019. Vol. 50 (10). P. 2932—2937.
12. Nissling A., Johansson U., Jacobsson M. Effects of salinity and temperature conditions on the reproductive success of turbot (*Scophthalmus maximus*) in the Baltic Sea. *Fish. Res*. 2006. Vol. 80 (2—3). P. 230—238.
13. Petrov S.A., Zamorov V.V., Ustyanskaya O.V. et al. Administration of thiamine and thiochrome enhanced reproduction of *Chlorella*, *Drosophila melanogaster*, and *Danio*. *J. Nutr. Sci. Vitaminol (Tokyo)*. 2016. Vol. 62, N 1. P. 6—11.
14. Spence R., Gerlach G., Lawrence C., Smith C. The behaviour and ecology of the zebrafish, *Danio rerio*. *Biol. Rev*. 2008. Vol. 83 (1). P. 13—34.
15. Su M., Duan Z., Shi H., Zhang J. The effects of salinity on reproductive development and egg and larvae survival in the spotted scat *Scatophagus argus* under controlled conditions. *Aquacul. Res*. 2019. Vol. 50 (7). P. 1782—1794.
16. Vargas R.A., Sarmiento K., V6squez I.C. Zebrafish (*Danio rerio*): A potential model for toxicological studies. *Zebrafish*. 2015. Vol. 12 (5). P. 320—326.
17. Yakimenko E., Petrov S.A., Nikolayenko K.V. Study of thiamine and its metabolites on RNA synthesis with exogenous nucleotides. *J. Education, Health and Sport*. 2017. Vol. 7 (6). P. 591—596.

Надійшла 22.04.2024

S.A. Petrov, Dr. Sci. (Biol.), Professor,
Institute of Climate Smart Agriculture of NAAS of Ukraine,
Mayatska Road, 24, Khibodarske, 67667, Ukraine
ORCID 0000-0001-9390-4006

I.Yu. Gryshova, Doctor of Economics,
Professor, assistant director for international activities,
Institute of Climate Smart Agriculture of NAAS of Ukraine,
Mayatska Road, 24, Khibodarske, 67667, Ukraine
ORCID 0000-0001-6276-7619

O.K. Budnyak, PhD (Biol.), Associate Prof.,
I.I. Mechnikov Odesa National University,
Dvoryanska St., 2, Odesa, 65082, Ukraine
ORCID 0000-0002-8256-4664

Yu.V. Karavansky, Senior Lecturer,
I.I. Mechnikov Odesa National University,
Dvoryanska St., 2, Odessa, 65082, Ukraine,
e-mail: biochem_bio_onu@ukr.net

S.S. Chernadchuk, PhD (Biol.), Associate Prof.,
I.I. Mechnikov Odesa National University,
Dvoryanska St., 2, Odesa, 65082, Ukraine
ORCID 0000-0003-3109-7418

A.V. Sorokin, PhD (Biol.), Associate Prof.,
I.I. Mechnikov Odesa National University,
Dvoryanska St., 2, Odesa, 65082, Ukraine
ORCID 0000-0002-9151-6488

EFFECT OF THIAMINE AND ITS METABOLITES ON SURVIVAL OF *DANIO RERIO* PRELARVAE AT DIFFERENT SALINITY

The results of the study of the effect of thiamine and its catabolites, such as thiamine disulfide, thiochrome and 4-methyl-5- β -hydroxyethylthiazole on the survival of *Danio rerio* prelarvae under the influence of different salinity, are presented. The absence of the effect of thiamine and its catabolites on the development of caviar at salinity in the range of 0–3 ‰ was established. With an increase in salinity, the survival rate of prelarvae decreased, and with the addition of thiamine and its derivatives, there was a further deterioration in the survival rate, but the effect of vitamin derivatives was individual.

Keywords: thiamine, metabolites of thiamine, *Danio rerio*, salinity.