

7. Cassman, E. D. Pathogenesis, detection, and control of scrapie in sheep / E. D. Cassman, J. J. Greenlee // AJVR. – 2020. – Vol. 81. – P. 600-614.
8. The use of a Psoroptesovisserodiagnostic test for the analysis of a natural outbreak of sheep scab / T. G. Burgess [et al.] // Parasites & Vectors. – 2012. – P. 1-10.

УДК 636:39.087.7

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФУЛЬВОВОЙ КИСЛОТЫ НА РАЗМНОЖЕНИЕ ДАНИО РЕРИО В ЭКСПЕРИМЕНТЕ IN VIVO

А. О. Жарикова, Н. В. Барулин, А. О. Воробьев

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»
г. Горки, Республика Беларусь (Республика Беларусь, 213407, г. Горки,
ул. Мичурина, 5; e-mail: barulin@list.ru)

Ключевые слова: данио рерио, фульвовая кислота, плодовитость.

Аннотация. В статье приведены результаты влияния фульвовой кислоты на размножение данио рерио в эксперименте in vivo. Исследования проводились на базе кафедры ихтиологии и рыбоводства в 2020-2021 гг., в студенческой научно-исследовательской лаборатории «Физиология рыб». В ходе исследований были отобраны три исследуемые группы с различными концентрациями вводимой в корм фульвовой кислоты (концентрация 0 % (контрольная), 1 % (опытная 1), 5 % (опытная 2)). В исследованиях регистрировались следующие параметры: количество успешных нерестов, среднее количество оплодотворенных эмбрионов. Проведенные исследования установили, что добавление фульвовой кислоты в корм оказывало положительное влияние на количество успешных нерестов и среднее количество получаемых оплодотворенных эмбрионов. Рекомендуемой дозировкой является 1 % фульвовой кислоты.

ASSESSMENT OF FULVIC ACID INFLUENCE ON DANIO RERIO REPRODUCTION IN A IN VIVO EXPERIMENT

A. O. Zharikova, N. V. Barulin, A. O. Vorobiev

ЕІ «Belarusian State Agricultural Academy»
Gorki, Republic of Belarus (Republic of Belarus, 213407, Gorki,
5 Michurina st.; e-mail: barulin@list.ru)

Key words: zebrafish, fulvic acid, fertility.

Summary. The article presents the results of the effect of fulvic acid on the reproduction of zebrafish in vivo experiment. The research was carried out on the basis of the Department of Ichthyology and Pisciculture in 2020-2021, in the student research laboratory «Physiology of Fish». In the course of the research, three study

groups were selected with different concentrations of fulvic acid introduced into the feed (concentration 0 % (control), 1 % (experimental 1), 5 % (experimental 2). The following parameters were recorded in the studies: the number of successful spawning, average number of fertilized embryos. The studies have shown that the addition of fulvic acid to the feed had a positive effect on the number of successful spawning and the average number of fertilized embryos obtained.

(Поступила в редакцию 01.06.2021 г.)

Введение. Фульвовая кислота (fulvic acid, FA) – это один из двух классов натурального кислотного органического полимера, который может быть извлечен (экстрагирован) из гумуса, обнаруженного в почве, осадке или водной среде. Его название происходит от латинского *fulvus*, обозначая его желтый цвет. Это органическое вещество растворимо в сильной кислоте (pH = 1) и имеет усредненную химическую формулу $C_{135}H_{182}O_{95}N_5S_2$ [6].

В промышленном рыбоводстве специалисты часто прибегают к добавкам к воде на основе фульвовых кислот или к продуктам на основе гуминовых веществ из сектора кормов для животных. Такие продукты особенно привлекательны для профилактики и лечения вторичных инфекций, поскольку выбор разрешенных фармацевтических препаратов в аквакультуре очень ограничен. Отсутствие лечебных и противопаразитарных веществ создало большой спрос на экологические и естественные альтернативы в аквакультуре и рыбоводстве. Один из возможных вариантов – фульвокислоты [7].

Преимущества применения гуминовых и фульвовых кислот в аквакультуре: увеличение выклева личинок за счет профилактической обработки икры и личинок рыб; улучшение роста и использования пищи; повышение устойчивости к болезням, увеличение жизнестойкости, особенно во время транспортировки; более быстрое заживление зараженных эктопаразитами рыб с помощью терапевтических препаратов; подавление вспышек первичной инфекции с помощью профилактических средств, подавление вторичной инфекции; детоксикация вредных металлов и химикатов в воде; лечение гуминовой кислотой в концентрации 50-90 мг/л уменьшает болезненность и смертность; воздействие гуминовой кислоты в дозе 5 мг/л на икру радужной форели в течение часа защищает от микоза (грибковая инфекция, в основном вызываемая *Saprolegnia* и *Achyla* sp.) [8].

Рыбы являются удобным объектом исследований при изучении влияния различных факторов на физиологические процессы животных [9, 10, 11].

Популярная среди аквариумистов рыба данио [1] (*Danio rerio*, англ. *zebrafish*), получившая свое название благодаря полосатой

окраске, в последние годы стала эффективной моделью в генетике, молекулярной биологии, экотоксикологии [2], эмбриологии, фармакологии, нейробиологии [3], аквакультуре [4]. Впервые этим организмом как лабораторным объектом заинтересовался в 1960-х годах американский биолог Джордж Стрейзингер. Использование данио как модельного организма (т. е. организма, с помощью которого можно моделировать биологические процессы) имеет множество преимуществ, включая удобство генетических манипуляций, а также свойственные этим рыбам наружное оплодотворение, ускоренное развитие, высокую фертильность и маленький размер (примерно 2,5-3,0 см во взрослом состоянии). Кроме того, они недороги и весьма просты в содержании и разведении в лабораторных условиях [5].

Несмотря на перспективно положительные характеристики фульвовой кислоты, ее использование в области кормления рыб является малоизученным. Также открытым остается вопрос в дозировании данной кислоты при ее использовании в аквакультуре.

Цель работы – изучить влияние фульвовой кислоты на размножение данио рерио в условиях *in vivo*.

Материал и методика исследований. Исследования выполнялись на базе кафедры ихтиологии и рыбоводства в 2020-2021 гг., в студенческой научно-исследовательской лаборатории «Физиология рыб» (научный руководитель лаборатории – Н. В. Барулин).

В ходе исследований было сформировано 3 исследуемые группы (1 контрольная группа и 2 опытные группы) по 1 самке и 1 самцу половозрелых особей данио рерио в каждой группе. Каждая группа содержалась в 3-литровых пластиковых лотках. Эксперимент состоял из трех периодов: предварительного, опытного и заключительного. Каждая опытная и контрольная группа имела дополнительно 2 дубликата. Продолжительность каждого периода составляла 10 суток. Во время предварительного периода все исследуемые группы получали основной рацион. Во время опытного периода в основной рацион опытных групп 1 и 2 вводилась фульвовая кислота. Во время опытного периода в основной рацион контрольной группы вводилась артезианская вода. Во время заключительного периода все исследуемые группы также получали основной рацион без включения фульвовой кислоты.

Основной рацион включал в себя корм Tetra «TetraMin. Granules». Аналитические компоненты: сырой белок – 46 %, сырые масла и жиры – 7 %, сырая клетчатка – 2 %, влага – 8 %. Ежедневная дозировка корма составляла 100 мг на каждую исследуемую группу. Кормление осуществлялось 1 раз в сутки. Фульвовая кислота вводилась путем замачивания ежедневной дозировки корма в растворе фульвовой кисло-

ты из расчета 1 мл раствора на 100 мг корма: 1%-й раствор для опытной группы 1 и 5%-й раствор для опытной группы 2. Замачивание корма в растворе осуществляли в течение 30 минут в термостате при температуре 28 °С.

В ходе оценки влияния фульвово́й кислоты при кормлении половозрелых экземпляров данио рерио нами были проанализированы следующие показатели, характеризующие эффективность размножения: количество успешных нерестов, среднее количество оплодотворенных эмбрионов.

Результаты исследований и их обсуждение. При анализе влияния применения фульвово́й кислоты при кормлении половозрелых экземпляров данио рерио на количество успешных нерестов нами было установлено, что как в опытной, так и контрольной группах происходило увеличение количества успешных нерестов в опытный период с дальнейшим их снижением в заключительный период. Увеличение количества успешных нерестов во всех исследуемых группах в опытный период, по сравнению с предварительным, можно объяснить наступившей адаптацией к новым условиям выращивания. Снижение количества успешных нерестов в заключительный период во всех исследуемых группах можно объяснить накоплением стрессовых факторов в результате ежедневного мониторинга за эффективностью размножения. Так, среднее количество успешных нерестов в контрольной группе в предварительном периоде составило 1,66 шт.; в опытной группе № 1 – 3,0 шт.; в опытной группе № 2 – 3,33 шт. Среднее количество успешных нерестов в контрольной группе в опытном периоде составило 6,0 шт. (в 3,6 раз больше по сравнению с предварительным периодом); в опытной группе № 1 – 8,33 шт. (в 2,77 раз больше); в опытной группе № 2 – 5,66 шт. (в 1,69 раз больше). Среднее количество успешных нерестов в контрольной группе в заключительном периоде составило 4,0 шт. (в 2,4 раз больше по сравнению с предварительным периодом); в опытной группе № 1 – 7,0 шт. (в 2,33 раз больше); в опытной группе № 2 – 4,66 шт. (в 1,39 раз больше). Анализ средних значений успешных нерестов показал, что применение фульвово́й кислоты несколько снизило значения успешных нерестов по сравнению с контрольными значениями. Однако применение парного теста Уилкоксона установило, что величина изменений при сравнении предварительного периода с опытным периодом в контрольной группе составила 4,33, в опытной группе № 1 – 5,33 (в 1,23 раза больше контрольных значений), в опытной группе № 2 – 2,33 (в 1,85 раз меньше контрольных значений) (таблица 1). Следует отметить, что достоверных отличий не было выявлено, что можно объяснить минимальным количест-

вом повторностей ($n = 3$). При сравнении предварительного периода с заключительным периодом величина изменений в контрольной группе составила 2,33, в опытной группе № 1 – 4,0 (в 1,71 раза больше контрольных значений), в опытной группе № 2 – 1,33 (в 1,75 раз меньше контрольных значений). При сравнении опытного периода с заключительным периодом величина изменений в контрольной группе составила -2, в опытной группе № 1 – -1,33, в опытной группе № 2 – -1.

Таблица 1 – Влияние применения фульвовой кислоты при кормлении половозрелых экземпляров данио рерио на количество успешных нерестов

Повторность	Период			Величина изменения между периодами		
	Предварительный (1)	Опытный (2)	Заключительный (3)	1-2	1-3	2-3
Контрольная группа						
1	1	10	5	9	4	-5
2	3	3	2	0	-1	-1
3	1	5	5	4	4	0
Mean	1,66	6	4	4,33 (0,37)	2,33 (0,41)	-2 (0,37)
Опытная группа 1						
1	1	8	6	7	5	-2
2	2	8	6	6	4	-2
3	6	9	9	3	3	0
Mean	3	8,33	7	5,33 (0,25)	4 (0,25)	-1,33 (0,34)
Опытная группа 2						
1	4	6	5	2	1	-1
2	1	1	2	0	1	1
3	5	10	7	5	2	-3
Mean	3,33	5,66	4,66	2,33 (0,37)	1,33 (0,17)	-1 (0,58)

Примечание – Mean – среднее значение. В скобках указаны значения р-критерия парного теста Уилкоксона

Таким образом, наши исследования установили, что добавление фульвовой кислоты в корм в концентрации 1 % и 5 % оказывало положительное влияние на медиану количества оплодотворенных эмбрионов данио рерио.

При анализе влияния применения фульвовой кислоты при кормлении половозрелых экземпляров данио рерио на среднее количество оплодотворенных эмбрионов нами было установлено, что в опытных группах № 1 и № 2 в опытный период идет увеличение среднего количества эмбрионов, по сравнению с контрольными значениями, с дальнейшим снижением в опытной группе № 1 в заключительный период. Опытные группы с дозировками 1 и 5 % фульвовой кислоты оказали

положительное влияние. Увеличение среднего количества оплодотворенных эмбрионов во всех исследуемых группах в опытный период, по сравнению с предварительным, можно объяснить наступившей адаптацией половозрелых производителей к новым условиям выращивания. Снижение среднего количества оплодотворенных эмбрионов в опытной группе № 1 в заключительный период, по сравнению с предварительным периодом, можно объяснить эффектом отмены фульвовой кислоты. Так, среднее количество оплодотворенных эмбрионов в контрольной группе в предварительном периоде составило 51 шт.; в опытной группе № 1 – 36 шт.; в опытной группе № 2 – 23,2 шт. Среднее количество оплодотворенных эмбрионов в контрольной группе в опытном периоде составило 36,06 шт. (в 0,7 раз меньше по сравнению с предварительным периодом); в опытной группе № 1 – 43 шт. (в 1,19 раз больше); в опытной группе № 2 – 29,48 шт. (в 1,27 раз больше). Среднее количество оплодотворенных эмбрионов в контрольной группе в заключительном периоде составило 32,46 шт. (в 0,63 раза меньше по сравнению с предварительным периодом); в опытной группе № 1 – 31 шт. (в 0,86 раз меньше); в опытной группе № 2 – 30,52 шт. (в 1,31 раз больше).

Анализ средних значений количества оплодотворенных эмбрионов показал, что применение фульвовой кислоты несколько увеличило значения среднего количества оплодотворенных эмбрионов по сравнению с контрольными значениями. Однако применение парного теста Уилкоксона установило, что величина изменений при сравнении предварительного периода с опытным периодом в контрольной группе составила -15, в опытной группе № 1 – 7, в опытной группе № 2 – 6 (таблица 2). Следует отметить, что достоверных отличий в опытных группах не было выявлено, что можно объяснить минимальным количеством повторностей ($n = 3$). При сравнении предварительного периода с заключительным периодом величина изменений в контрольной группе составила -19, в опытной группе № 1 – -5, в опытной группе № 2 – 7. При сравнении опытного периода с заключительным периодом величина изменений в контрольной группе составила -4, в опытной группе № 1 – -13, в опытной группе № 2 – 1.

Таблица 2 – Влияние применения фульвовой кислоты при кормлении половозрелых экземпляров данию рерио на среднее количество оплодотворенных эмбрионов

Повторность	Период			Величина изменения между периодами		
	Предварительный (1)	Опытный (2)	Заключительный (3)	1 – 2	1-3	2-3
Контрольная группа						
1	50	40	30	-10	-20	-10
2	67	37	33	-30	-34	-4
3	36	32	34	-4	-2	3
Mean	51	36,06	32,46	-15 (0,25)	-19 (0,25)	-4 (0,5)
Опытная группа 1						
1	30	35	34	5	4	-1
2	30	54	29	25	-1	-25
3	49	41	29	-8	-20	-11
Mean	36	43	31	7 (0,75)	-5 (0,75)	-13 (0,25)
Опытная группа 2						
1	25	33	23	8	-2	-9
2	16	21	39	5	23	18
3	29	35	30	6	1	-5
Mean	23,2	29,48	30,52	6 (0,25)	7 (0,75)	1 (0,25)

Таким образом, наши исследования установили, что добавление фульвовой кислоты в корм в концентрации 1 % оказывало положительное влияние на количество успешных нерестов половозрелых особей данию рерио. Добавление фульвовой кислоты в корм в концентрации 5 % оказало отрицательное влияние на количество успешных нерестов половозрелых особей данию рерио.

Заключение. В результате проведенных исследований нами установлено, что фульвовая кислота способна оказывать влияние на размножение данию рерио в условиях *in vivo*. Это выражалось в увеличении количества успешных нерестов и среднего количества получаемых эмбрионов. Однако добавление фульвовой кислоты в корм в дозировке 5 % вызывало как положительный, так и отрицательный эффект, что свидетельствует о необходимости проведения исследований о влиянии фульвовой кислоты в дозировках 2, 3 и 4 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nusslein-Volhard, C. The zebrafish issue of Development / C. Nusslein-Volhard. – Development. – 2012. – Vol. 139 (22). – P. 4099-4103.
2. Bioavailability of a natural lead-contaminated invertebrate diet to zebrafish / D. Boyle [et al.]. – Environ Toxicol Chem. – 2010. – Vol. 29 (3). – P. 708-714.
3. Arrenberg, A. B. Integrating anatomy and function for zebrafish circuit analysis / A. B. Arrenberg, W. Driever // Front Neural Circuits. – 2013. – Vol. 7. – P. 74.

4. Dahm, R. Learning from small fry: the zebrafish as a genetic model organism for aquaculture fish species / R. Dahm, R. Geisler // *Mar Biotechnol.* – 2006. – Vol. 8 (4). – P. 329-345.
5. Троицкий вариант – Наука [Электронный ресурс] / Зебраданио потеснили мышей и дрозофил в биомедицине. – Режим доступа: <https://trv-science.ru/2018/02/zebradanio-v-biomedicine/>. – Дата доступа: 13.02.2021.
6. Britannica [Electronic resource]: Fulvic acid chemical compound. – Mode of access: <https://www.britannica.com/science/fulvic-acid>. – Date of access: 18.01.2021.
7. German technology. Humic substances based products [Electronic resource]: What fulvic acids do for your aquarium. – Mode of access: <https://www.humintech.com/livestock-breeding/blog/what-fulvic-acids-do-for-your-aquarium>. – Date of access: 20.01.2021.
8. Humic Substances (review series). Part 1: Dissolved humic substances (HS) in aquaculture and ornamental fish breeding / T. Meinelt [et al.] // *EnvSci Pollut. – Res.* 15 (1). – P. 17-22.
9. Плавский, В. Ю. Роль поляризации и когерентности оптического излучения во взаимодействии со сперматозоидами осетровых рыб / В. Ю. Плавский, Н. В. Барулин // *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сборник научных трудов / РУП «Институт рыбного хозяйства», РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Белорусский государственный университет; под. общ. ред. М. М. Радько. – Минск: РУП «Институт рыбного хозяйства», 2009. – Вып. 25. – С. 56-63.*
10. Барулин, Н. В. Комплекс диагностического мониторинга физиологического состояния ремонтно-маточных стад осетровых рыб в установках замкнутого водоснабжения / Н. В. Барулин // *Вестник Государственной полярной академии.* – 2014. – № 1 (18). – С. 19-20.
11. Рекомендации по воспроизводству осетровых рыб в рыбоводных промышленных комплексах с применением инновационных методов / Н. В. Барулин [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 204 с.

УДК 636.4.082:637.5.04/.07

**АНАЛИЗ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ТУШ
И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЫШЕЧНОЙ
И ЖИРОВОЙ ТКАНЕЙ ЧИСТОПОРОДНОГО МОЛОДНЯКА
БЕЛОРУССКОЙ МЯСНОЙ ПОРОДЫ И МОЛОДНЯКА НОВЫХ
ГЕНЕРАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ХРЯКОВ ПОРОДЫ ЛАНДРАС**

Е. А. Капшевич¹, Шейко И. П.²

¹ – УО «Полесский государственный университет»

г. Пинск, Республика Беларусь (Республика Беларусь, 225710, г. Пинск, ул. Днепровской флотилии, 23);

² – РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»

г. Жодино, Республика Беларусь (Республика Беларусь, 222163,

г. Жодино, ул. Фрунзе, 11; e-mail: belniig@tut.by)

***Ключевые слова:** свиньи, белорусская мясная порода, ландрас, морфологический состав туш, физико-химические свойства тканей.*