

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 639.3.0.34:535.21

Е.С. ГУК

Старший преподаватель кафедры промышленного
рыбоводства и переработки рыбной продукции
Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь



Н.В. БАРУЛИН, канд. с.-х. наук, доцент,
заведующий кафедрой ихтиологии и рыбоводства
Белорусская государственная ордена Октябрьской революции
и ордена Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь



Статья поступила 11 апреля 2019г.

ВЛИЯНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОИНКУБАЦИИ ИКРЫ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В УСТАНОВКЕ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*В статье представлены результаты исследования влияния аскорбиновой кислоты на среднюю длину, массу и выживаемость эмбрионов и личинок радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при доинкубации в условиях рыбоводного индустриального комплекса (УЗВ).*

Установлено, что использование аскорбиновой кислоты в концентрации 200 мкмоль/л 15 минут ежедневно до перехода на экзогенное питание обеспечивает достоверное увеличение относительного прироста на 64%, увеличение средней длины на 9,2%, увеличение средней выживаемости рыбопосадочного материала радужной форели на 9,5% и улучшение токсикологических параметров при анализе декадной выживаемости рыбопосадочного материала радужной форели. Применение данного способа повышения эффективности инкубационного процесса актуально для рыбоводных хозяйств, занимающихся воспроизводством радужной форели.

Ключевые слова: радужная форель, икра, рост, выживаемость, аскорбиновая кислота, инкубация.

GUK E.S.

Senior lecturer of the department of Industrial fisheries and processing fish products
Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus

BARULIN N.V., Cand. of Agricul. Sc., Assistant Professor,
Head of the Department Belarusian State Agricultural Academy,
Gorki, Republic of Belarus

EFFECTS OF ASCORBIC ACID ON THE INCUBATION OF RAINBOW TROUT IN THE RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM (RAS)

*Studies of ascorbic acid action on the growth and survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) are presented in article at incubation in the conditions of fish-breeding industrial complex (RAS).*

As a result, application of ascorbic acid off concentration of 200 $\mu\text{mol/l}$ (exposure time–15 minutes, before a yolk-sac resorption), provides the significant mass increase by 64%, increase in standard length (SL) by 9,2%, increase in survival by 9,5% and improvement of toxicological parameters in the decade survival analysis of a rainbow trout. Application of this method of enhancing the incubatory process can be useful for the fish-breeding farms which are engaged in the rainbow trout reproduction.

Keywords: rainbow trout, egg, growth, standard length, survival, ascorbic acid, incubation.

Введение. Согласно государственной программе развития аграрного бизнеса на 2016-2020 годы, увеличение объема производства ценных видов рыб, в том числе форели, является одной из приоритетных задач рыбохозяйственной деятельности в стране [1]. Развитие форелеводства невозможно без применения инновационных разработок [2].

Одной из проблем в воспроизводстве радужной форели является высокая гибель молоди на ранних этапах развития: при подращивании мальков после выклева. Данный этап технологического цикла характеризуется большим отходом форели. Особенно это касается ранних стадий онтогенеза форели, где отход эмбрионов и молоди весьма велик и в зависимости от условий инкубации и качества икры может составлять до 100% [3].

Предположительно, одной из причин гибели рыб на ранних этапах онтогенеза является наличие в воде свободных радикалов, обладающих повышенной реакционной способностью (ROS)[4]. Они попадают в воду как метаболиты гидробионтов и в результате воздействия таких факторов среды как органические вещества, химикаты, тяжелые металлы, ультрафиолетовое излучение. Предположительно, использование антиоксидантов в процессе инкубации позволило бы снизить негативные последствия воздействия стресс-факторов на эмбрионы и личинки [4-6].

В качестве экономичного и перспективного для аквакультуры антиоксиданта можно рассматривать аскорбиновую кислоту. Аскорбиновая кислота является жизненно важным микронутриентом для костистых рыб, включая и лососевых [7]. Доказано стимулирующее влияние аскорбиновой кислоты на плодовитость, при включении её в рацион радужной форели [8, 9], тилапии [10], трески, желтого окуня [11] и гуппи [12]. Как показа-

ли исследования, аскорбиновая кислота восстанавливает убихинон и витамин Е, проявляет иммуномодулирующий эффект, участвует в детоксикации в гепатоцитах, в превращении холестерина в желчные кислоты, а также в синтезе коллагена, серотонина, катехоламинов и повышает толерантность к экологическим стрессорам [13,14].

Известен способ обогащения икры аскорбиновой кислотой для компенсации дефицита витамина С у самок маточного стада [15]. Икру обрабатывали в течение 3 часов высокими концентрациями аскорбиновой кислоты (100, 1000 и 2000 мг/л) [15]. Исследование влияния малых концентраций аскорбиновой кислоты на эмбрионы и личинки форели в течение длительного времени ранее не проводилось.

Ранее нами в условиях *in vitro* было установлено стимулирующее влияние аскорбиновой кислоты на личиночный рост и выживаемость радужной форели на этапе доинкубации [16]. Для исследования в производственных условиях была отобрана эффективная концентрация аскорбиновой кислоты – 200 мкмоль/л.

Цель исследования – изучить влияние аскорбиновой кислоты на среднюю длину, массу и выживаемость эмбрионов и личинок радужной форели в индустриальном доинкубационном модуле (установка замкнутого водоснабжения).

Материалы и методы. Объект исследования – эмбрионы радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) (икра на стадии «глазка») польского происхождения. Исследование проводилось на базе доинкубационного модуля рыбоводного индустриального комплекса УО «БГСХА». В доинкубационном модуле до перехода форели на экзогенное питание ежедневно в течение 15, 30 и 60 минут осуществляли экспозицию в растворе

аскорбиновой кислоты 200 мкмоль/л. После завершения обработки раствор аскорбиновой кислоты удалялся из инкубационного лотка через сливное отверстие, и осуществлялось подключение к системе УЗВ. Для каждого варианта опыта был выделен контрольный лоток, где создавались такие же условия, за исключением концентрации аскорбиновой кислоты: там она составляла 0 мг/л. Обработку аскорбиновой кислотой проводили до перевода личинок на экзогенное питание.

Значения параметров гидрохимического режима, температура, плотность посадки эмбрионов и прочие технологические факторы находились в пределах нормативных значений [17].

Продолжительность эксперимента составила 70 суток. В каждой исследуемой группе (опытном инкубационном лотке) на момент начала эксперимента находилось 16 000 икринок на стадии «глазка». В течение эксперимента каждые 5 дней регистрировали такие параметры, как средняя масса, длина, средняя и декадная выживаемость. Показатели длины получали в результате обработки фотоснимков свободных эмбрионов в программе *ImageJ*. Анализ полученных данных проводился в статистической среде R. Для оценки размерно-весовых признаков из каждой группы периодически измеряли по 100 особей. Значения прироста рассчитывались общепринятым методом, относительно начальной массы личинок (к моменту регистрации данного признака она составляла 0,1 г) для каждой опытной группы. При анализе выживаемости учитывался ежедневно отбираемый отход. Нормальность распределения данных

подтверждена тестом Шапиро-Уилка. Проверка соблюдения условий однородности групповых дисперсий в выборках осуществлялась тестом Ливина. Для анализа различий между опытными группами использовался одномерный дисперсионный анализ – критерий Тьюки. В таблице с результатами исследования средние показатели представлены в следующей форме – среднее ± среднеквадратичная ошибка стандартного отклонения, при описании результатов анализировалась достоверность наблюдаемых различий на уровнях значимости $p=0,05$, $p=0,01$, $p=0,001$.

Анализ декадной выживаемости в исследуемых группах проводился с помощью функции GLM-модели. Моделирование выживаемости проводилось в статистической среде R [18,19].

Результаты исследований и их обсуждение. Динамика изменения средней массы личинок радужной форели в исследуемых группах на протяжении эксперимента изображена на рисунке 1.

На графике видно, что средняя масса личинок, подвергшихся воздействию аскорбиновой кислоты со временем экспозиции 15 и 30 минут несколько выше, чем в соответствующих контролях. Отмечено, что с переходом на экзогенное питание (30 суток после выклева в данном случае), различия в показателях роста между опытными и контрольными группами проявляются более ярко.

Достоверные различия между опытными группами наблюдались на 30, 50 и 60 сутки эксперимента.

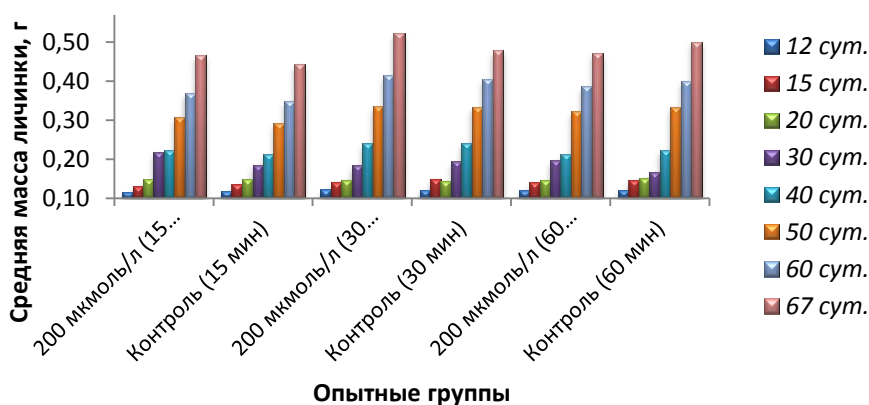


Рисунок 1 – Динамика изменения средней массы личинок радужной форели при различной экспозиции в растворе аскорбиновой кислоты на этапе доинкубации в производственных условиях

Примечание – в легенде указаны сутки после выклева

В среднем, за весь экспериментальный период средняя масса личинок в опытных группах увеличилась в 4 раза. Значения абсолютного прироста в опытных группах составили: в группе 200 мкмоль/л (15 минут) – 0,42 г, в контроле (15 минут) – 0,37 г, в группе 200 мкмоль/л (30 минут) – 0,46 г, в контроле (30 минут) – 0,44 г, в группе 200 мкмоль/л (60 минут) – 0,40 г, в контроле (60 минут) – 0,46 г.

Разница в относительных приростах составила: для времени экспозиции 15 минут – на 64% больше, чем в контроле, для экспозиции 30 минут – на 21% больше чем в контроле; при длительной экспозиции стимулирующего влияния на темп массанакопления не выявлено – напротив, в контрольной группе значение относительного прироста было на 52% выше, чем при воздействии фактора аскорбиновой кислоты. Предположительно, это связано с длительным ограничением режима проточности, в связи с проведением обработки. Таким образом установлено, что при доинкубации радужной форели с участием аскорбиновой кислоты в концентрации 200 мкмоль/л средняя масса личинки повышается при экспозиции 15 минут на 64%, при экспозиции 30 минут на 21%, что составило 0,05 и 0,02 г соответственно.

Динамика изменения средней длины на протяжении эксперимента изображена на рисунке 2.

Как видно из графика, для изменения средней длины личинок характерна та же тенденция, что и на рисунке 1. Достоверные различия отмечены на 20, 30 и 67 сутки эксперимента. Средняя длина личинок за весь экспериментальный период увеличилась на 93,5–109,7 % в зависимости от группы. При использовании аскорбиновой кислоты со временем экспозиции 15 и 30 минут прирост длины был выше, чем в контроле. Значения абсолютного прироста средней длины в опытных группах составили: в группе 200 мкмоль/л (15 минут) – 17,68 мм, в контроле (15 минут) – 16,43 мм, в группе 200 мкмоль/л (30 минут) – 20,61 мм, в контроле (30 минут) – 17,21 мм, в группе 200 мкмоль/л (60 мин) – 18,38 мм, в контроле (60 минут) – 20,11 мм. Разница в относительных приростах составила: для времени экспозиции 15 минут – на 9,2% больше, чем в контроле, для экспозиции 30 минут – на 17,7% больше, чем в контроле, при экспозиции 60 минут в контрольной группе значение относительного прироста было на 6,1 % выше, чем в опыте.

Полученные результаты согласуются с результатами предварительного исследования в условиях *in vitro*, где было установлено стимулирующее влияние аскорбиновой кислоты на темп роста личинок радужной форели.

Значения средней выживаемости на протяжении исследования приведены в таблице 1.

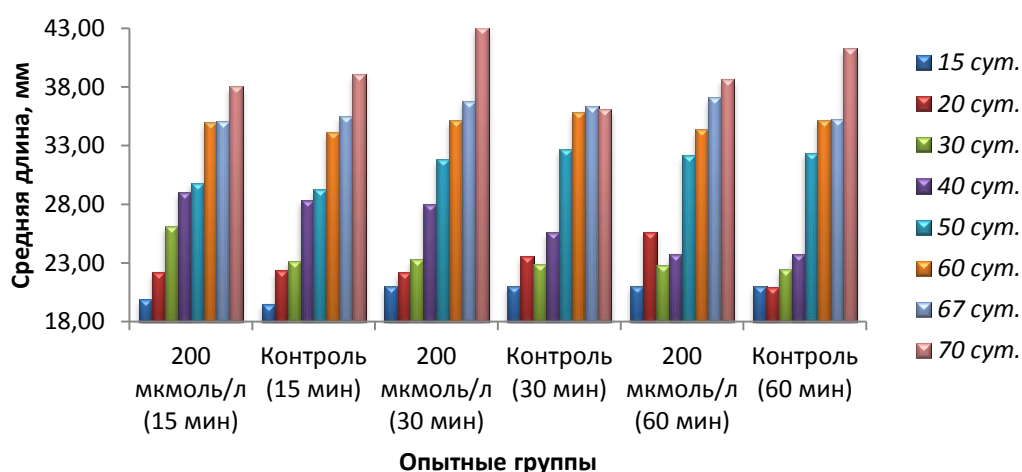


Рисунок 2 – Динамика изменения средней длины личинок радужной форели при различной экспозиции в растворе аскорбиновой кислоты на этапе доинкубации в производственных условиях

Примечание: в легенде указаны сутки после выклева

Таблица 1 – Средняя выживаемость радужной форели после доинкубации с применением аскорбиновой кислоты с различным временем экспозиции

Исследуемая группа	Средняя выживаемость, %
200 мкмоль/л (15 минут)	82,9
Контроль (15 минут)	73,4
200 мкмоль/л (30 минут)	74,6
Контроль (30 минут)	71,9
200 мкмоль/л (60 мин)	74,7
Контроль (60 минут)	74,3

Примечание – Различия с контрольной группой достоверны для всех опытных групп на уровне значимости *** $p=0,001$.

Средняя выживаемость при воздействии аскорбиновой кислоты продолжительностью воздействия 15 и 30 минут ежедневно была выше по сравнению с контролем и составила: при экспозиции в 15 минут – 82,9 %, в контрольной (15 минут) – 73,4 %; при экспозиции в 30 минут – 74,6 %, в контрольной (30 минут) – 71,9 % при экспозиции в 60 минут – 74,7 %, в контрольной (60 минут) – 74,3 %. Наблюдаемые различия статистически достоверны ($p<0,001$). Т.е. при использовании аскорбиновой кислоты средняя выживаемость повышается на 9,5–0,4 % в зависимости от опытной группы. Максимальным стимулирующим эффектом характеризуется время экспозиции 15 мин, концентрация аскорбиновой кислоты 200 мкмоль/л.

Декадная выживаемость. Для выбора лучшей обобщенной линейной (GLM) модели в среде R по значениям критерия Акаике (AIC-критерий) были сопоставлены четыре возможных типа обобщенных линейных моделей: пробит/доза, логит/доза, и 2 модели с прологарифмированными значениями дней пробит/ $\ln(\text{дни})$, логит/ $\ln(\text{дни})$. Минимальное

значение AIC-критерия позволило выделить наиболее адекватную модель [18,19]. Значения информационного критерия Акаике (AIC) для пробит / $\ln(\text{дни})$ модели составило – 4025,97, для модели логит / $\ln(\text{дни})$ – 4040,02. Это подтверждает, что переход к логарифмированию привел к объективно лучшим моделям, а использование пробит-модели в данном случае лучше, чем логит-модели [18,19].

Для изучения влияния каждого варианта экспозиции аскорбиновой кислоты на выживаемость радужной форели была построена пробит-модель для каждой опытной группы. При анализе были получены значения коэффициента индивидуальной регрессии, средней полуметальной дозы (LD50) а также уравнения обобщенных линейных пробит-моделей для каждого времени обработки, которые представлены в таблице 2.

В результате моделирования получаются линейные зависимости, отражающие регрессионные модели с учетом коэффициента наклона.

Таблица 2 – Токсикологические параметры пробит-моделей для каждого времени экспозиции использования аскорбиновой кислоты

Исследуемая группа	Коэффициент наклона	Уравнение линейной пробит-модели	Полуметальная доза (LD 50)
Контроль /15 минут	1,28	probit(P) = -6,68+1,28ln(D)	181,94
200 мкмоль/л /15 минут	1,12	probit(P)=-6,05+1,12 ln(D)	219,15
Контроль/30 минут	1,29	probit(P) =-6,51+1,29 ln(D)	153,81
200 мкмоль/л /30 минут	1,16	probit(P) =-5,96+1,16 ln(D)	165,97
Контроль/60 минут	1,13	probit(P) =-5,93+1,13 ln(D)	188,73
200 мкмоль/л /60 минут	1,19	probit(P) =-6,20+1,19 ln(D)	179,11

Примечание – P– пробит модель (уравнение регрессии), $\ln(D)$ – логарифм дней воздействия токсикантов в УЗВ.

Таблица 3 – Результаты девианс-анализа моделирования выживаемости радужной форели в зависимости от концентрации и времени экспозиции в аскорбиновой кислоте

№ модели	Остаток Df.	Остаток Девианс	Df	Девианс	p – критерий
1	47	3568,2	-	-	
2	37	2517,1	10	1051,1	p<0,001

Значения коэффициента наклона отражают скорость нарастания эффекта в исследуемых группах.

Во всех исследуемых группах значения коэффициента наклона были примерно на одном уровне. Минимальное значение средней полумлетальной дозы (LD50) зарегистрировано в группе 200 мкмоль/л /15 минут и составило 219,15.

Для статистического сравнения построенных моделей и дополнительной оценки их адекватности проведен статистический девианс (deviance) анализ, результаты которого представлены в таблице 3. Оценка параметров модели выполнена универсальным методом максимального правдоподобия (MLE, maximum likelihood estimation) [18,19].

Статистическая оценка моделей по критерию хи-квадрат (p<0,001) и сравнение разности девианса полученных моделей (пробит-модели (модель №2) и нуль-модели без предикторов (модель №1) на отличие от нуля говорит о том, что постороенная модель статистически значима. Модели отличаются присутствием фактора «аскорбиновая кислота». То есть статистически подтверждено, что присутствие фактора аскорбиновой кислоты в аппроксимируемой зависимости «доза-эффект» высоко значимо.

Заключение. Таким образом, экспериментально в производственных условиях подтверждена эффективность использования аскорбиновой кислоты для улучшения рыбопродуктивных характеристик рыбопосадочного материала.

Установлено, что использование аскорбиновой кислоты в концентрации 200 мкмоль/л 15 минут ежедневно до перехода на экзогенное питание обеспечивает увеличение средней длины на 9,2%, увеличение средней выживаемости рыбопосадочного материала радужной форели на 9,5%. Также отмечена тенденция увеличения средней массы при использовании аскорбиновой кислоты.

Применение данного способа повышения эффективности инкубационного процесса актуально как для полносистемных хозяйств,

так и для рыбоводных индустриальных комплексов, занимающихся разведением радужной форели.

Список литературы

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. Системный подход к технологии регулирования воспроизводства объектов аквакультуры в рыбоводных индустриальных комплексах / Н. В. Барулин // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2015.– № 3. – С. 107-111.
3. Козлов В. И. Справочник фермера-рыбовода / В. И. Козлов – Москва : Издательство ВНИРО, 1998. – 342 с.
4. Evaluation of wax spray beads for delivery of low-molecularweight, water-soluble nutrients and antibiotics to Artemia / C. Langdon [et al.] // Aquaculture. – 2008. – Vol.284. – P. 151-158.
5. Multiple stressors in amphibian communities. Effects of chemical contamination in bullfrogs and fish / M.D. Boone, R.D Semlitsch., E.E. Little & M.C. Doyle // Ecological Applications. – 2007. – Vol.17. – P. 291-301.
6. Persistent organic pollutants in aquafeed and Pacific salmon smolts from fish hatcheries in British Columbia,Canada / B. Kelly [et al.] //Aquaculture.– 2008. – Vol.258. – P. 224-233.
7. Dabrowski, K. Ascorbic acid and reproduction in fish: endocrine regulation and gamete quality / K. Dabrowski, A. Ciereszko. // Aquaculture Research. – 2001. – Vol.32. – P. 623-638.
8. The effect of ascorbic acid supplementation in broodstock feed on reproduction of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) / K. Y. Sandnes [et al.] // Aquaculture. – 1984. – Vol.43. – P. 167-177.

9. Heavy metal and waste metabolite accumulation and their potential effect on rainbow trout performance in a replicated water reuse system operated at low or high flushing rates / J. Davidson [et al.] // *Aquacultural Engineering*. – 2009. – Vol.4. – P. 136–145.
10. Davidson, J. Heavy metal and waste metabolite accumulation and their potential effect on rainbow trout performance in a replicated water reuse system operated at low or high flushing rates / J. Davidson [et al.] // *Aquacultural Engineering*. – 2009. – Vol.41. – P. 136–145.
11. Lee, K.J. Long-term effects and interactions of dietary vitamin C and E on growth and reproduction of yellow perch, *Perca flavescens* / K.J. Lee, K. Dabrowski // *Aquaculture*. – 2004. – Vol.230. – P. 377–389.
12. Mehrad, B. The effect of vitamin C on growth factors, survival, reproduction and sex ratio in guppy (*Poecilia reticulata*) / B. Mehrad, M. Sudagar // *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. – 2010. – Vol. 3(3). – P. 163–170.
13. Effect of dietary ascorbic acid on tolerance to intermittent hypoxic stress in Japanese parrot fish / Y. Ishibashi [et al.] // *Nippon Suisan Gakkaishi*. – 1992. – Vol.58. – P. 2147–2152.
14. Evaluation of vitamin C enriched *Artemia* nauplii for larvae of the giant freshwater prawn / G. Merchie [et al.] // *Aquaculture International*. – 1995. – Vol.3. – P. 355–363.
15. Effects of ascorbic acid enrichment by immersion of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) eggs and embryos / B. Falahatkar [et al.] // *Aquaculture Research*. – 2006. – Vol.37. – P.834–841.
16. Гук, Е.С Влияние аскорбиновой кислоты на выживаемость радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) в условиях *in vitro* / Е. С. Гук, Н. В. Барулин // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы II Национальная научно-практическая конференция, Санкт-Петербург, 13–15 сентября 2017 г.; под ред. А.А. Васильева – Саратов: ОАО «ЦеСАин». 2017 – 188 с.
17. Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбодонных промышленных комплексах (с временными нормативами) / Н.В. Барулин [и др.] – Горки : БГСХА, 2016. – 179 с.
18. Шитиков В. К. Экоотоксикология и статистическое моделирование эффекта с использованием R. / В.К. Шитиков – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2016. – 149 с.
19. Barulin, N. Survival of embryos and larvae of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) under influence of optical radiation at various temperature regimes / N. Barulin, M. Liman, V. Plavskii // *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*. – 2017. – Vol. 17 (1). – P. 19–28.

References

1. *Gosudarstvennaya programma razvitiya rybohozyaystvennoy deyatel'nosti na 2016–2020 gody* [The state program of development of fishing activities for 2016–2020]. Ministry of Agriculture of Republic of Belarus. Minsk, 2016, 102 p. (In Russian)
2. Barulin N. Sistemnyy podhod k tehnologii regulirovaniya vosproizvodstva ob'ektov akvakulturyi v rybovodnyih industrialnyih kompleksah. [System approach to the regulation of fish reproduction on fish farms]. *Vesci Nacyjanal'naj akadzemii navuk Belarusi. Seryja agrarnykh navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series]. 2015, no 3, pp. 107–111. (In Russian)
3. Kozlov V.I. *Spravochnik fermer-rybovoda* [Reference book by the farmer-fish breeder] Moscow, Publishing house VNIRO, 1998, 342 p. (In Russian)
4. Langdon C. et al. Evaluation of wax spray beads for delivery of low-molecularweight, water-soluble nutrients and antibiotics to *Artemia*. *Aquaculture*. 2008, Vol.284, pp. 151–158.
5. Multiple stressors in amphibian communities. Effects of chemical contamination in bullfrogs and fish. M.D. Boone, R.D Semlitsch., E.E. Little & M.C. Doyle/ *Ecological Applications*, 2007, Vol.17, pp. 291–301.
6. Kelly B. et al. Persistent organic pollutants in aquafeed and Pacific salmon smolts from fish hatcheries in British Columbia, Canada *Aquaculture*, 2008, Vol.258, pp. 224–233.
7. Dabrowski K. Ascorbic acid and reproduction in fish: endocrine regulation and gamete quality *Aquaculture Research*. 2001, Vol.32, pp. 623–638.
8. Sandnes K. Y. et al. The effect of ascorbic acid supplementation in broodstock feed on

- reproduction of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*. 1984, Vol.43, pp. 167-177.
9. Davidson J. et al. Heavy metal and waste metabolite accumulation and their potential effect on rainbow trout performance in a replicated water reuse system operated at low or high flushing rates. *Aquacultural Engineering*. 2009, Vol.4, pp. 136–145.
 10. Davidson J. Heavy metal and waste metabolite accumulation and their potential effect on rainbow trout performance in a replicated water reuse system operated at low or high flushing rates. *Aquacultural Engineering*. 2009, Vol.41, pp. 136–145.
 11. Lee K.J., Dabrowski K. Long-term effects and interactions of dietary vitamin C and E on growth and reproduction of yellow perch, *Perca flavescens*. *Aquaculture*. 2004, Vol.230, pp. 377-389.
 12. Mehrad B., Sudagar M. The effect of vitamin C on growth factors, survival, reproduction and sex ratio in guppy (*Poecilia reticulata*). *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 2010, Vol. 3(3), pp. 163-170.
 13. Ishibashi Y. et al. Effect of dietary ascorbic acid on tolerance to intermittent hypoxic stress in Japanese parrot fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 1992, Vol.58, pp. 2147-2152.
 14. Merchie [et al.] G. Evaluation of vitamin C enriched *Artemia nauplii* for larvae of the giant freshwater prawn. *Aquaculture International*. 1995, Vol.3, pp. 355-363.
 15. Falahatkar B. et al. Effects of ascorbic acid enrichment by immersion of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) eggs and embryos. *Aquaculture Research*. 2006, Vol.37, pp.834-841.
 16. Guk E., Barulin N. *Vliyanie askorbinovoy kisloty na vyizhivaemost raduzhnoy foreli (Oncorhynchus mykiss) v usloviyah in vitro* [Effects of ascorbic acid on survival of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry during in vitro incubation]. *Sostoyanie i puti razvitiya akvakultury v Rossiyskoy Federtsii v svete importozamescheniya i obespecheniya prodovolstvennoy bezopasnosti strany: materialy II Natsionalnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* [State and paths of development of an aquaculture in the Russian Federation in the light of import substitution and ensuring food security of the country] St. Petersburg, Saratov: TseSAin, 2017, p. 188. (In Russian).
 17. *Rekomendatsii po vyiraschivaniyu ryiboposadochnogo materiala raduzhnoy foreli v ryibovodnykh industrialnykh kompleksakh (s vremennymi normativami)* [Recommendations about breeding of a fish stock of an rainbow trout in fish-breeding industrial complexes (with temporary standards)]. N.Barulin [et al.] Gorki: BGSHA, 2016, 179 p. (In Russian)
 18. Shitikov V. K. *Ekotoksikologiya i statisticheskoe modelirovanie effekta s ispolzovaniem R.* [Ecotoxicology and statistical modeling of the effect of using R]. Tol'yatti: IEVB RAN, 2016. 149 p. (In Russian)
 19. Barulin N., Liman M., Plavskii V. Survival of embryos and larvae of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) under influence of optical radiation at various temperature regimes. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*. 2017, Vol. 17 (1), pp. 19–28.

Received 11 April 2019