

УДК: 612.1:639.211.3.043:615.

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2025.1.271

ОЦЕНКА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

Карпенко Л.Ю.¹ – д-р биол. наук, проф., зав. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-2781-5993); **Сидорова Н.А.**² – канд. биол. наук, доц., доц. каф. зоологии и экологии (ORCID 0000-0002-9659-9235); **Бахта А.А.**¹ – канд. биол. наук, доц., доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0002-5193-2487); **Савушкин А.И.**² – науч. сотр. (ORCID 0009-0003-5202); **Полистовская П.А.**¹ – канд. биол. наук, доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0003-1977-0913); **Никонов И.Н.**^{1*} – канд. биол. наук, ст. преподаватель кафедры биохимии и физиологии (ORCID 0000-0001-9495-0178); **Балькина А.Б.**¹ – канд. ветеринар. наук, доц. каф. биохимии и физиологии (ORCID 0000-0001-5373-4794)

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

² ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

*ilnikonov@yandex.ru

Ключевые слова: Форель радужная, аквакультура, рыбное хозяйство, физиологический статус, кормовые добавки, пробиотики.

Key words: Rainbow trout, aquaculture, fish farming, physiological status, feed additives, probiotics.

Финансирование: исследование выполнено при поддержке гранта российского научного фонда № 322-23 (Соглашение № 23-16-20026), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

Поступила: 05.12.2024

Принята к публикации: 06.03.2025

Опубликована онлайн: 26.03.2025



РЕФЕРАТ
Увеличение производства продукции аквакультуры является

важным условием для обеспечения продовольственной безопасности России и содействия социально-экономическому развитию регионов. *Oncorhynchus mykiss* или радужная форель относится к одному из наиболее востребованных объектов индустриального рыборазведения благодаря коммерческой ценности и биологическим характеристикам, включая быстрый рост и устойчивость к условиям интенсивного культивирования. Целью данного исследования являлось изучение морфологических показателей крови радужной форели (*Parasalmo mykiss*) при введении в рацион различных пробиотических

препаратов. Для оценки физиологического состояния рыб определяли следующие морфологические показатели крови: количество эритроцитов и лейкоцитов, концентрацию гемоглобина, гематокрит. При анализе данных, полученных при применении в рационе годовиков форели радужной пробиотических добавок «Пробиотик-1» и «Пробиотик-2», можно сделать вывод, что среднего количества эритроцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-2», на 30,7% выше, чем этот показатель у группы, получавших производственный корм без добавок, и на 13,74% выше, чем у группы, получавших с кормом добавку «Пробиотик-1». Общее количество лейкоцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-2», на 3,11% выше данного показателя у группы, получавшей производственный корм без добавок, и на 1,39% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1». Концентрация гемоглобина на 10,88% выше данного показателя у группы, получавшей производственный корм без добавок, и на 5,92% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1». Что касается показателя гематокрита, то его значения у группы, получавшей добавку «Пробиотик-2» на 3,76% выше данного показателя у группы, получавшей производственный корм без добавок, и на 1,44% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1». Таким образом, можно сделать заключение о положительном действии экспериментальных пробиотических препаратов на основе штаммов бактерий р. *Lactobacillus* на морфологические показатели крови радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). Данные препараты оказывают адаптогенный эффект на организм радужной форели, способствуя повышению показателей резистентности. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации состава производственных комбикормов для радужной форели и для коррекции микробиома рыб разных возрастов.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Увеличение производства продукции аквакультуры является важным условием для обеспечения продовольственной безопасности России и содействия социально-экономическому развитию регионов [5]. В последние годы аквакультура становится все более актуальной, особенно в контексте глобальных изменений климата и растущего спроса на рыбу и морепродукты [12]. Это направление имеет особую значимость для Северо-Западного региона и Сибири, где природные условия благоприятствуют выращиванию ценных пород лососевых рыб, таких как форель и семга [2, 10, 11].

Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*) относится к одному из наиболее востребованных объектов индустриального рыбозаводства благодаря коммерческой ценности и биологическим характеристикам, включая быстрый рост и устойчивость к условиям интенсивного культивирования [7]. С учетом повреждающего эффекта на организм рыб средовых факторов абиотической и биотической при-

роды, нередко сопровождающих современные технологии ведения высокопродуктивного рыбоводства и увеличение объемов выращивания рыбы, востребованными становятся комплексные исследования физиологических процессов, возникающих в организме различных объектов аквакультуры. Одним из наглядных маркеров, отражающих физиологические и метаболические изменения может считаться микрофлора кишечника [1, 3, 9].

На сегодняшний день Республика Карелия занимает лидирующие позиции в садковом форелеводстве, поставляя на внутренний рынок более 80% товарной форели, производимой в Российской Федерации [12]. Это свидетельствует о высоком потенциале региона для развития аквакультуры и увеличения объемов производства. Однако, чтобы обеспечить устойчивое функционирование форелевых хозяйств, необходимо уделять внимание вопросам профилактики заболеваний среди выращиваемых рыб [13].

Целью данного исследования являлось изучение морфологических показателей

крови радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при введении в рацион различных пробиотических препаратов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Объектами исследования выступали мальки, годовики и двухлетки радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*). В каждой возрастной группе выделяли подгруппы, в рацион которых вводили кормовые добавки («Пробиотик -1» и «Пробиотик -2») на основе различных штаммов бактерий р. *Lactobacillus*. Экспериментальные образцы пробиотиков были наработаны на базе ООО «Микробиом».

Температура в садках для форели находилась в пределах оптимальных для данных видов рыб и составляла в среднем 18,3°C. Содержание кислорода не опускалось ниже 6,4 мг/л. Водородный показатель в ходе исследования составлял 9,7 мг/л.

Для оценки физиологического состояния рыб определяли следующие морфо-

логические показатели крови: количество эритроцитов и лейкоцитов, концентрацию гемоглобина, гематокрит согласно «Методическим указаниям по проведению гематологического обследования рыб» (утв. Минсельхозпродом России 02.02.1999 N 13-4-2/1487).

Отбор проб крови у рыб осуществлялся согласно установленной методике [6]. Для определения количества эритроцитов и лейкоциты в единице объема крови использовали камеру Горяева [6]. Гематокритную величину определяли с помощью микроцентрифуги Hettich Haematokrit 200. Гемоглобин определяли колориметрическим методом.

Анализ полученных данных выполняли с использованием методов описательной статистики [4] и обработки экспериментальных данных в MS Excel [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Данные, полученные при исследовании крови годовиков форели, в рационе которых использовался только производственный корм, представлены в таблице.

Таблица 1 – Морфологические показатели крови годовиков радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при добавлении в рацион кормовых добавок на основе бактерий р. *Lactobacillus*, (M±m)

№	Показатель, ед. изм.	Референтные значения	Подопытные группы		
			1 группа контроль	Опытная группа 2 (пробиотик-1)	Опытная группа 3 (пробиотик 2)
1	Гемоглобин, г/л	75-100	72,6±1,029	7,6±0,34	80,5±2,75*
2	Эритроциты млн/мкл	1,2-1,92	1,14±0,042	1,31±0,05	1,49±0,11
3	Лейкоциты, млн/мкл	20-26	21,24±0,70	21,6±0,88	21,9±0,80
4	Гематокрит, л/л*10 ²	28-35	30,6±1,03	31,3±0,88	31,75±1,10

*- $p \leq 0,05$ относительно группы контроля.

При анализе морфологических показателей крови исследуемых возрастных групп радужной форели, которым не задавался пробиотик было выявлено, что показатель среднего количества эритроцитов годовиков форели имел значение $1,14 \pm 0,042$ млн/мкл, что на 5% ниже средних значений, представленных в литературных источниках. Общее количество лейкоцитов ($21,24 \pm 0,7$ млн/мкл) не выходит за границы референсных значений, средняя концентрация гемоглобина равна $72,6 \pm 1,029$ г/л, что ниже на 3,2% от показателей референсных значений. Показатель гематокрита не выходит за границы референсных значений ($30,6 \pm 1,03$ л/л* 10^2).

При анализе морфологических показателей крови исследуемых возрастных групп радужной форели было выявлено, что показатель среднего количества эритроцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1», имел значение $1,31 \pm 0,05$ млн/мкл, общее количество лейкоцитов ($21 \pm 0,88$ млн/мкл), концентрация гемоглобина равна $76 \pm 0,57$ г/л, показатель гематокрита ($31,3 \pm 0,88$ л/л* 10^2), что не выходит за пределы референсных значений, представленных в литературных источниках.

При анализе морфологических показателей крови исследуемых возрастных групп радужной форели было выявлено, что показатель среднего количества эритроцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-2», имел значение $1,49 \pm 0,11$ млн/мкл, общее количество лейкоцитов ($21,9 \pm 0,80$ млн/мкл), концентрация гемоглобина равна $80,5 \pm 2,75$ г/л, показатель гематокрита ($31,75 \pm 1,10$ л/л* 10^2). Все показатели не выходят за границы референсных значений.

На основании анализа данных, полученных при применении в рационе годовиков форели радужной пробиотических добавок «Пробиотик-1» и «Пробиотик-2», можно сделать вывод, что показатель среднего количества эритроцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-2», на 30,7% выше,

чем этот показатель у группы, получавших производственный корм без добавок, и на 13,74% выше, чем у группы, получавших с кормом добавку «Пробиотик-1». Общее количество лейкоцитов годовиков форели, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-2», на 3,11% выше данного показателя у группы, получавшей производственный корм без добавок, и на 1,39% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1». Концентрация гемоглобина на 10,88% выше данного показателя у группы, получавшей производственный корм без добавок, и на 5,92% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1». Что касается показателя гематокрита, то его значения у группы, получавшей добавку «Пробиотик-2» на 3,76% выше данного показателя у группы, получавшей производственный корм без добавок, и на 1,44% выше, чем данный показатель у группы, в рацион которых входила добавка «Пробиотик-1».

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Таким образом, можно сделать заключение о положительном действии экспериментальных пробиотических препаратов на основе штаммов бактерий р. *Lactobacillus*. Пробиотические препараты оказывают адаптогенный эффект на радужную форель, способствуя повышению показателей резистентности, на что указывают выявленные в ходе данного исследования изменения. Результаты выполненных исследований могут быть использованы для оптимизации состава производственных комбикормов для радужной форели и для коррекции микробиома рыб разных возрастов.

EVALUATION OF HEMATOLOGICAL INDICATORS OF RAINBOW TROUT WHEN INTRODUCING PROBIOTIC PREPARATIONS INTO THEIR DIET

Karpenko L.Yu.¹ - Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biochemistry and Physiology, (ORCID 0000-0002-2781-5993); **Sidorova N.A.**² – Candidate of Sciences. Biol. sciences, assoc.,

assoc. Department of Zoology and Ecology (ORCID 0000-0002-9659-9235); **Savushkin A.I.**² – scientific. comp. (ORCID 0009-0003-5202); **Bakhta A.A.**¹ – PhD in Biology, Assoc. Prof., Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology (ORCID 0000-0002-5193-2487); **Polistovskaya P.A.**¹ – Ph.D. in Biology, Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology, ORCID 0000-0003-1977-0913); **Nikonov I.N.**^{1*} – Ph.D. in Biology, Senior Lecturer of the Department of Biochemistry and Physiology, ORCID 0000-0001-9495-0178); **Balykina A.B.**¹ – Ph.D. in Veterinary Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Biochemistry and Physiology, ORCID 0000-0001-5373-4794

¹-St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

²-Petrozavodsk State University

* ilnikonov@yandex.ru

Financing: The study was supported by grant No. 322-23 of the Russian Science Foundation (Agreement No. 23-16-20026), conducted jointly with the Republic of Karelia with funding from the Venture Investment Fund of the Republic of Karelia (VIF RK).

ABSTRACT

Increasing aquaculture production is an important condition for ensuring food security in Russia and promoting socio-economic development of the regions. *Parasalmo mykiss* or rainbow trout is one of the most popular objects of industrial fish farming due to its commercial value and biological characteristics, including rapid growth and resistance to intensive cultivation conditions. The purpose of this study was to examine the morphological parameters of rainbow trout (*Parasalmo mykiss*) blood when introducing various probiotic preparations into the diet. To assess the physiological state of the fish, the following morphological parameters of blood were determined: the number of erythrocytes and leukocytes, hemoglobin concentration, hematocrit. When analyzing the data obtained from the use of the probiotic supplements Probiotic-1 and Probiotic-2 in the

diet of yearling rainbow trout, it can be concluded that the average erythrocyte count of yearling trout, whose diet included the supplement Probiotic-2, is 30.7% higher than that of the group receiving the production feed without additives, and 13.74% higher than that of the group receiving the supplement Probiotic-1 with their feed. The total leukocyte count of yearling trout, whose diet included the supplement Probiotic-2, is 3.11% higher than that of the group receiving the production feed without additives, and 1.39% higher than that of the group receiving the supplement Probiotic-1. Thus, it can be concluded that the experimental probiotic preparations based on bacterial strains of the genus *P. Lactobacillus* on morphological parameters of rainbow trout (*Parasalmo mykiss*) blood. These preparations have an adaptogenic effect on the rainbow trout organism, contributing to an increase in resistance parameters. The obtained results can be used to optimize the composition of production feeds for rainbow trout and to correct the microbiome of fish of different ages.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ возрастной динамики морфологических показателей крови форели радужной в условиях аквакультуры / Л. Ю. Карпенко, Н. А. Сидорова, П. А. Полистовская [и др.] // Международный вестник ветеринарии. – 2023. – № 4. – С. 236-243. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.4.236.
2. Андреева, А. М. Оценка перспектив выращивания форели породы Ропшинская золотая в Республике Карелия / А. М. Андреева // Научно-исследовательская работа обучающихся и молодых учёных: Материалы 76-й Всероссийской (с международным участием) научной конференции обучающихся и молодых учёных, Петрозаводск, 01–21 апреля 2024 года. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2024. – С. 18-21.
3. Выращивание радужной форели с применением пробиотиков "Ветом 2" и "Ликвафид" / В. А. Назаров, Т. А. Нечаева, Л. А. Ильина, М. И. Ковальчук // Развитие и современные проблемы аквакуль-

- туры (Конференция "Аквакультура 2023") : Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции, с. Дивноморское, 04–10 сентября 2023 года. – Ростов-на-Дону: ООО "ДГТУ-ПРИНТ", 2023. – С. 82-85. – DOI 10.23947/aquaculture.2023.82-85.
- 4.Ивантер Э. В. Основы вариационной статистики. – Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского государственного университета им. О. В. Куусинена, 1970. – 19 с.
- 5.Логунова, Н. А. Выращивание радужной форели в УЗВ как перспективное направление развития бизнеса в регионе / Н. А. Логунова, В. Н. Туркулова // Инновационные тенденции развития современной экономики предприятий и организаций : Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, Посвящается Дню экономиста в России, Симферополь, 11 ноября 2024 года. – Симферополь, 2024. – С. 137-138.
- 6.Методические указания по проведению гематологического обследования рыб (утв. Минсельхозпродом России 02.02.1999 N 13-4-2/1487).
- 7.Мухина, И. Н. Современное состояние аквакультуры на Кольском полуострове / И. Н. Мухина, Т. А. Карасева // Лососевые рыбы: биология, воспроизводство, промысел: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Мурманск, 23–24 марта 2023 года. – Мурманск: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2023. – С. 286-192.
- 8.Мхитарян В.С., Ильенкова С.Д., Агапова Т.Н. Статистика. – М.: Юрайт, 2013. – 590 с.
- 9.Полистовская, П. А. Тяжелые металлы в водной экосистеме и их влияние на рыб / П. А. Полистовская, Л. Ю. Карпенко, А. А. Бахта. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2022. – 88 с.
- 10.Студенов, И. И. Возможности выращивания радужной форели в пресноводных водных объектах Архангельской области / И. И. Студенов // Лососевые рыбы: биология, воспроизводство, промысел: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Мурманск, 23–24 марта 2023 года. – Мурманск: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2023. – С. 423-428.
- 11.Ткачев, А. В. Биологическое разнообразие радужной форели по SSR-маркерам / А. В. Ткачев, М. В. Стручкова // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : Материалы XIV Международной научно-практической конференции, Ульяновск, 25 июня 2024 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2024. – С. 209-213.
- 12.Тыркин, И. А. Объемы товарного выращивания радужной форели в Республике Карелия / И. А. Тыркин, А. В. Картанович, А. В. Тыркина // Рыбохозяйственная наука. История, современность, перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию создания "ГосНИОРХ" им. Л.С. Берга», Санкт-Петербург, 23–24 октября 2024 года. – Москва: ГНЦ РФ ФГБНУ "ВНИРО", 2024. – С. 584-587.
- 13.Физиология рыб. Книга 2. Питание и пищеварение / В. Г. Скопичев, Л. Ю. Карпенко, И. О. Боголюбова [и др.]. – Санкт-Петербург: Квадро, 2017. – 344 с. – ISBN 978-5-906371-25-8.

REFERENCES

1. Analysis of age dynamics of morphological parameters of rainbow trout blood in aquaculture conditions / L. Yu. Karpenko, N. A. Sidorova, P. A. Polistovskaya [et al.] // International Bulletin of Veterinary Medicine. - 2023. - No. 4. - P. 236-243. - DOI 10.52419/issn2072-2419.2023.4.236.
2. Andreeva, A. M. Assessment of the prospects for growing Ropshinskaya gold trout in the Republic of Karelia / A. M. Andreeva // Research work of students and young scientists: Proceedings of the 76th All

- Russian (with international participation) scientific conference of students and young scientists, Petrozavodsk, April 1–21, 2024. – Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2024. – P. 18–21.
3. Growing rainbow trout using probiotics "Vetom 2" and "Liquafid" / V. A. Nazarov, T. A. Nechaeva, L. A. Ilyina, M. I. Kovalchuk // Development and modern problems of aquaculture (Conference "Aquaculture 2023"): Collection of scientific papers of the III International scientific and practical conference, s. Divnomorskoye, September 4-10, 2023. - Rostov-on-Don: OOO "DSTU-PRINT", 2023. - P. 82-85. - DOI 10.23947/aquaculture.2023.82-85.
4. Ivanter E. V. Fundamentals of variation statistics. - Petrozavodsk: Publishing house of Petrozavodsk State University named after O. V. Kuusinen, 1970. - 19 p.
5. Logunova, N. A. Growing rainbow trout in RAS as a promising direction for business development in the region / N. A. Logunova, V. N. Turkulova // Innovative trends in the development of the modern economy of enterprises and organizations: Collection of scientific papers of the I International scientific and practical conference, Dedicated to the Day of the Economist in Russia, Simferopol, November 11, 2024. - Simferopol, 2024. - P. 137-138.
6. Methodological guidelines for conducting hematological examination of fish (approved by the Ministry of Agriculture of Russia on 02.02.1999 N 13-4-2 / 1487).
7. Mukhina, I. N. Current state of aquaculture on the Kola Peninsula / I. N. Mukhina, T. A. Karaseva // Salmon fish: biology, reproduction, fishery: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, Murmansk, March 23-24, 2023. - Murmansk: All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, 2023. - P. 286-192.
8. Mkhitarian V.S., Ilyenkova S.D., Agapova T.N. Statistics. - M.: Yurait, 2013. - 590 p.
9. Polistovskaya, P. A. Heavy metals in the aquatic ecosystem and their impact on fish / P. A. Polistovskaya, L. Yu. Karpenko, A. A. Bakhta. - St. Petersburg: St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, 2022. - 88 p.
10. Studenov, I. I. Possibilities of growing rainbow trout in freshwater bodies of the Arkhangelsk region / I. I. Studenov // Salmon fish: biology, reproduction, fishery: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, Murmansk, March 23-24, 2023. - Murmansk: All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, 2023. - P. 423-428.
11. Tkachev, A. V. Biological diversity of rainbow trout based on SSR markers / A. V. Tkachev, M. V. Struchkova // Agricultural science and education at the present stage of development: experience, problems and ways of their solution: Proceedings of the XIV International scientific and practical conference, Ulyanovsk, June 25, 2024. - Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2024. - P. 209-213. - EDN GQKHNS.
12. Tyrkin, I. A. Volumes of commercial cultivation of rainbow trout in the Republic of Karelia / I. A. Tyrkin, A. V. Kartanovich, A. V. Tyrkina // Fisheries science. History, modernity, prospects: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 110th anniversary of the establishment of the "GosNIORKh" named after L.S. Berg", St. Petersburg, October 23-24, 2024. - Moscow: SSC RF FGBNU "VNIRO", 2024. - P. 584-587.
13. Fish physiology. Book 2. Nutrition and digestion / V. G. Skopichev, L. Yu. Karpenko, I. O. Bogolyubova [and others]. - St. Petersburg: Quadro, 2017. - 344 p.