

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШТАММОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ СОБСТВЕННОЙ КИШЕЧНОЙ МИКРОФЛОРЫ МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ В КАЧЕСТВЕ ПРОБИОТИКОВ

¹А.И. Михайлов, ²И.В. Морузи, ³Г.В. Калмыкова, ¹С.Н. Магер, ²Е.В. Пищенко, ²С.В. Севастеев,

²П.В. Белоусов, ²Д.В. Кропачев

¹Сибирский федеральный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

³ООО «Микопро», р.п. Кольцово, Россия

E-mail: mikhaylovai_98@vk.com

Для цитирования: Результаты использования штаммов, выделенных из собственной кишечной микрофлоры молоди стерляди в качестве пробиотиков / А.И. Михайлов, И.В. Морузи, Г.В. Калмыкова, С.Н. Магер, Е.В. Пищенко, С.В. Севастеев, П.В. Белоусов, Д.В. Кропачев // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 4 (77). – С. 226–235. – DOI: 10.31677/2072-6724-2025-77-4-226-235.

Ключевые слова: пробиотические препараты, штаммы, аквакультура, стерлядь, микрофлора, рыбное хозяйство, ихтиология.

Реферат. В работе представлены результаты исследований пробиотического потенциала штаммов микроорганизмов, выведенных из естественной микробиоты стерляди (*Acipenser ruthenus*). Объектом исследования послужили штаммы: *Enterococcus munda*, *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus licheniformis* 2336, 162 St. Исследования проведены путем испытания на аналогичных группах в условиях УЗВ в течение 60 и 70 дней. Степень влияния оценивалась по таким показателям, как: средняя масса, абсолютный, среднесуточный, относительный прирост, коэффициент массонакопления, относительная скорость роста. Норма кормления рассчитывалась из рекомендаций производителя корма, препараты с штаммами наносились на корм методом напыления. Взвешивания производились раз в 10 дней. По результатам проведенных первого эксперимента высокие значения относительного прироста показали группы молоди стерляди при скармливании *Enterococcus munda* – 20,50 %, *Lactobacillus plantarum* – 16,61 % и относительной скорости роста составляла *Enterococcus munda* – 1,55 %, *Lactobacillus plantarum* – 1,28 %. По результатам второго эксперимента группа контроль показала наименьшие результаты по средней массе (123,2 ± 5,21 г), самые высокие значения у опытной группы с применением штамма 162 St – 130,58 ± 5,33 г, у группы *Bacillus licheniformis* 2336 – 128,31 ± 7,63 г. По показателям относительного прироста и относительной скорости роста опытные группы так же опережали контроль. Сделан вывод о необходимости исследования выведенных штаммов как с увеличением сроков наблюдений, так и с анализом по гематологическим показателям, анализом микробного сообщества кишечника в конце исследований.

RESULTS OF THE USE OF STRAINS ISOLATED FROM THE INTESTINAL MICROFLORA OF JUVENILE STERLET AS PROBIOTICS

¹А.И. Михайлов, ²И.В. Морузи, ³Г.В. Калмыкова, ¹С.Н. Магер, ²Е.В. Пищенко, ²С.В. Севастеев, ²П.В. Белоусов,

²Д.В. Кропачев

¹Siberian Federal Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk district, Russia

²Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

³ООО «Микопро», Кольцово, Russia

E-mail: mikhaylovai_98@vk.com

Keywords: probiotic preparations, strains, aquaculture, sterlet, microflora, fisheries, ichthyology.

Abstract. This paper presents the results of a study examining the probiotic potential of microbial strains isolated from the natural microbiota of sterlet (*Acipenser ruthenus*). The strains studied were *Enterococcus munda*, *Lactobacillus plantarum*, and *Bacillus licheniformis* 2336 and 162 St. The study was conducted using groups of similar in a recirculating aquaculture system (RAS) for 60 and 70 days. The impact was assessed using the following parameters: average weight, absolute, average daily, and relative gain, mass accumulation coefficient, and relative growth rate. Feeding rates were calculated based on the feed manufacturer's recommendations,

and preparations containing the strains were sprayed onto the feed. Weighing was performed every 10 days. According to the results of the first experiment, high values of relative increase were shown by the groups of young sterlet fed with *Enterococcus mundtii* – 20.50 %, *Lactobacillus plantarum* – 16.61 % and the relative growth rate was *Enterococcus mundtii* – 1.55 %, *Lactobacillus plantarum* – 1.28 %. According to the results of the second experiment, the control group showed the lowest results in terms of average weight (123.2 ± 5.21), the highest values were in the experimental group using the strain 162 St – 130.58 ± 5.33 , in the *Bacillus licheniformis* 2336 group – 128.31 ± 7.63 . In terms of relative increase and relative growth rate, the experimental groups also outperformed the control. A conclusion was made about the need to study the isolated strains both with an increase in the observation period and with an analysis of hematological parameters, an analysis of the intestinal microbial community at the end of the studies.

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к замене антибиотиков, красителей и других препаратов, применяемых для лечения и профилактики заболеваний у рыб, на менее радикальные, такие как пробиотики, пребиотики, фитобиотики, а также на вакцины, подразделяемые на «убитые», аттенуированные, ДНК-вакцины, синтетические пептиды, рекомбинантные векторные, генетически модифицированные и субъединичные вакцины [1]. Интерес этот связан с желанием получать наибольшую продуктивность, снижая при этом риски как для рыбы, так для человека при ее потреблении. Опасность использования антибиотиков кроется в дисбактериозе, риск возникновения, которого появляется даже при краткосрочном применении [2], возможности появления невосприимчивых к ним штаммам патогенов, а также в нарушении естественной микрофлоры. Кроме этого их использование может провоцировать стресс, вследствие которого может наблюдаться снижение производительности. Постепенное накопление антибиотиков в водной среде и сельскохозяйственных объектах несет немалое количество рисков здоровью человека и экологии в целом [1]. Ответом на необходимость снижения таких рисков является повышение естественного иммунитета рыб. Этот эффект может быть достигнут при применении пробиотиков и пребиотиков для профилактики заболевания рыб.

Пробиотики способны подавлять патогенные организмы посредством улучшения общего гомеостаза и показателей крови, в частности, изменения микробного метаболизма. Также они принимают участие в пищеварении. Таким образом, их использование повышает естественный иммунитет, усвояемость корма, что напрямую влияет на стрессоустойчивость, выживаемость и продуктивность выращиваемой рыбы.

Разработка пробиотических препаратов связана с серьезными трудностями в определении и выведении потенциально полезных штаммов.

Микрофлора кишечника рыб зависит от таких факторов, как условия окружающей среды, видоспецифичность хозяина, рацион и пищевое поведение. Например, для морских рыб характерно наличие *Firmicutes* и *Fusobacteria*, а для пресноводных – *Proteobacteria* [3]. Для большеротого окуня (*Micropterus salmoides*), синежаберного солнечника (*Lepomis macrochirus*) и японской малоротой корюшки (*Hypomesus nippensis*) характерно преобладание двух типов *Proteobacteria* и *Fusobacteria*, а для рыбы-клоуна характерным представителем микрофлоры является *Firmicutes* [4–6]. При кормлении пёстрого толстолобика (*Aristichthys nobilis*) живым кормом с небольшим добавлением комбикормов в кишечнике доминируют типы *Proteobacteria* и *Fusobacteria*. Если же отказаться от внесения комбикорма на первый план выйдут *Bacteroidetes*, *Fusobacteria*, *Firmicutes* и *Proteobacteria* [7].

Исследования, проводимые с целью выявления влияния пробиотиков на аквакультурные объекты, ведутся в большом объёме с уже имеющимися препаратами, либо, в меньшей степени, с выведением штаммов из естественной микробиоты [8–12]. В основном эти препараты основаны на *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Enterococcus sp.*, классифицированных как основные пробиотики [13, 14], *Carnobacterium sp.*, дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* и др. Современные работы разнятся как по результатам, так и по выбранным методам [15–19].

Цель исследования – проанализировать пробиотический потенциал четырёх выделенных из естественной микрофлоры штаммов микроорганизмов путем испытания на группах аналогов стерляди, выращиваемых системе УЗВ.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в «Исследовательском центре аквакультуры» Новосибирского го-

сударственного аграрного университета. Молодь стерляди сибирской *Acipenser ruthenus marsiglii* Brandt содержалась в системе УЗВ, в бассейнах объемом 600 л, температура воды 18–22 °C, содержание кислорода 8–10 мг/л, нормы посадки (30 особей на бассейн) соответствовали рыбоводным нормам для данного вида.

Объектом исследования послужили штаммы микроорганизмов, выведенные из естественной микробиоты стерляди. Сбор микробиологического материала проводился у 40 здоровых и больных тимпанией особей. Для определения видовой принадлежности была проведена идентификация выделенных бактерий с использованием культурально-морфологических и молекулярных методов. После проведения тестирования по ферментативной активности (протеолитическая, амилазная, липазная) и антимикробной активности против патогенных микроорганизмов были выбраны бактерии, обладающие потенциалом для создания пробиотиков для осетровых рыб, и разработаны модельные образцы потенциальных пробиотических штаммов. Так, было выбрано четыре штамма: *Enterococcus munttii*, *Lactobacillus plantarum*, *Bacillus licheniformis* 2336, 162 St с потенциально пробиотическими свойствами.

В рамках исследования проведено два эксперимента. В обоих случаях биотестирование проводилась на молоди стерляди, в группах аналогов. Для каждого эксперимента было отобрано три группы по тридцать особей стерляди, две из которых опытные, одна контрольная, в состав рациона которой входил комбикорм без добавления исследуемых штаммов.

Рыбу кормили комбикормом производства ООО «Аквамарус» со следующим составом: рыбная мука, глютен пшеничный, пшеница кормовая, мука мясокостная, жир рыбий, изолят соевого белка, масло подсолнечное, гаммарус, аминокислоты, премикс Дельта фидс, говяжий гемоглобин в порошке, сухая плазма крови, соль, монокальцийфосфат, дефторированный фосфат, сода, комплекс ферментов, витамин С.

Исследуемые штаммы наносились на корм методом напыления. В первом эксперименте исследовались штаммы: *Enterococcus munttii* вводили в корм с титром $1,5 \times 10^9$ кое/мл, *Lactobacillus plantarum* с титром $1,2 \times 10^9$ кое/мл. Во втором:

Bacillus licheniformis 2336 вводились с титром $1,0 \times 10^9$ кое/мл, 162 St. с титром $1,2 \times 10^9$ кое/мл.

Взвешивание рыбы проводилось раз в десять дней, продолжительность для первого эксперимента составила 60 дней, для второго – 70.

Применяемые рыбоводно-биологические показатели рассчитывали по общепринятым методикам.

Среднесуточный прирост, применяемый для расчета увеличения живой массы рыбы в среднем за сутки, рассчитывали по И.Ф. Правдин (1966):

$$P_{\text{ср.сут}} = (m_k - m_0)/t,$$

где m_k – конечная масса молоди, г; m_0 – начальная масса молоди, г; t – продолжительность опыта, сут.

Коэффициент массонакопления

$$K_m = ((m_k^{1/3} - m_0^{1/3}) * 3) / t,$$

где m_k – конечная масса молоди, г; m_0 – начальная масса молоди, г; t – продолжительность опыта, сут.

Абсолютный прирост

$$A = m_k - m_0,$$

где m_k – конечная масса молоди, г; m_0 – начальная масса молоди, г.

Относительный прирост

$$O = (m_k - m_0) / m_0 * 100,$$

где m_k – конечная масса молоди, г; m_0 – начальная масса молоди, г.

Относительная скорость роста

$$B = \frac{m_k - m_0}{0,5 * (m_k + m_0)} * 100,$$

где m_k – конечная масса молоди, г; m_0 – начальная масса молоди, г.

Статистическая обработка данных проведена с использованием программ Microsoft Office Excel 2021 и RStudio 2024.09.01+394. В обработке использовались тест Шапиро–Уилка для проверки нормальности распределения выборок, критерий Уилкоксона и критерий Стьюдента для проверки выборок на однородность.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первым в серии экспериментов, проводимых в рамках исследования, было испытание штаммов *Enterococcus munttii* и *Lactobacillus plantarum*.

За период наблюдений различия между группами в зоотехнических показателях незначительны (табл. 1, 2).

Таблица 1

Средние показатели массы группы первого эксперимента
Average weight indicators of the groups in the first experiment

Дата	Масса, г		
	Контроль (OP)	Опыт 1 (OP+E)	Опыт 2 (OP+L)
10 июля	16,33±0,51	16,29±0,50	16,47±0,63
21 июля	27,30±0,66	24,59±1,01	25,28±0,67
31 июля	43,23±1,53	38,30±1,82	39,21±1,08
9 августа	60,76±2,04	53,19±2,25	55,37±1,50
19 августа	78,57±3,30	71,64±3,19	73,56±2,60
28 августа	101,73±3,17	91,12±3,77	95,11±2,80
9 сентября	115,12±3,78	109,79±4,47	110,91±3,58

Примечание. OP – основной рацион, OP+E – основной рацион+ *Enterococcus munitdii*, OP+ *Lactobacillus plantarum*.

Таблица 2

Рыбоводно-биологические показатели первого эксперимента
Fish-farming and biological parameters of the first experiment

Показатель	Контроль (OP)	Опыт 1 (OP+E)	Опыт 2 (OP+L)
Общее количество, шт.	30	30	30
Выживаемость, шт.	29 (96,7 %)	29 (96,7 %)	30 (100 %)
Средняя масса рыбы, г			
исходная	16,33±0,50	16,29±0,63	16,47±0,58
конечная	115,12±3,78	109,79±4,47	110,91±3,58
Абсолютный прирост, г/шт.	98,78	93,51	94,43
Среднесуточный прирост, г/шт.	1,62	1,53	1,55
Коэф. массонакопления	0,1145	0,1108	0,1112
Относительный прирост, %	604,80	574,13	573,25
Относительная скорость роста, %	2,46	2,43	2,43
Общая ихтиомасса, кг			
исходная	0,490	0,489	0,494
конечная	3,338	3,184	3,212

Таблица 3

Относительный прирост групп первого эксперимента
Relative increase in the groups of the first experiment

Период наблюдений	Относительный прирост, %		
	Контроль (OP)	Опыт 1 (OP+E)	Опыт 2 (OP+L)
11.07 – 21.07	64,37	50,57	55,22
21.07 – 31.7	58,39	55,72	55,43
31.07 – 9.08	40,53	38,88	40,92
9.08 – 19.08	29,32	34,69	32,84
19.08 – 28.08	29,48	27,19	29,29
28.08 – 9.09	13,15	20,50	16,61

Таблица 4

Относительная скорость роста первого эксперимента
Relative growth rate of the first experiment

Период наблюдений	Относительная скорость роста, %		
	Контроль (OP)	Опыт 1 (OP+E)	Опыт 2 (OP+L)
11.07 – 21.07	4,87	4,04	4,33
21.07 – 31.7	4,52	4,36	4,34
31.07 – 9.08	3,37	3,26	3,40
9.08 – 19.08	2,56	2,96	2,82
19.08 – 29.08	2,85	2,66	2,84
28.08 – 9.09	1,03	1,55	1,28

Однако, если рассматривать показатели отдельно, можно заметить некоторые тенденции (табл. 3, 4). Так, видно, что относительная скорость роста и относительный прирост во всех группах постепенно снижаются, что нормально по мере взросления. Но кроме того заметно, как, начиная с четвертой декады, падение показателей опытных групп более мягкое, чем в контрольной. По данным на последнюю декаду эксперимента наибольшая относительная скорость роста зафиксирована в 1-й опытной группе, получавший с кормом микропрепарат штамма *Enterococcus*

munttii (1,55 %), следом идет 2-я опытная группа (1,28 %), наименьшее значение зафиксировано в контрольной группе (1,03 %) (см. табл. 3).

Сходная картина наблюдается и по относительному приросту, в этом показателе разница, между 1-й опытной группой и контрольной составляет 7,35 %, а между 2-й опытной и контрольной 3,46 % (табл. 4).

Второй опыт был проведен с внесением в рацион микропрепаратов, содержавших штаммы *Bacillus licheniformis* 2336 и 162 St.

Таблица 5

Средние показатели массы групп второго эксперимента
Average weights of the groups in the second experiment

Дата	Масса, г		
	Опыт 1 (OP+BL20)	Опыт 2 (OP+162)	Контроль (OP)
30 сентября	37,15 ± 1,34	38,37 ± 1,37	37,24 ± 1,54
10 октября	40,55 ± 1,72	42,76 ± 1,67	42,25 ± 1,81
20 октября	52,22 ± 2,60	50,42 ± 2,34	53,10 ± 2,68
30 октября	69,18 ± 3,39	68,82 ± 2,94	70,14 ± 3,36
9 ноября	83,12 ± 4,31	86,42 ± 3,53	84,66 ± 3,99
19 ноября	100,30 ± 5,39	106,97 ± 4,28	102,30 ± 3,96
29 ноября	117,86 ± 6,61	125,76 ± 5,04	116,36 ± 4,59
9 декабря	128,31 ± 7,63	130,58 ± 5,33	123,2 ± 5,21

Примечание. OP – основной рацион, OP+162 – основной рацион+ 162 St, OP+BL20 – *Bacillus licheniformis* 2336.

Таблица 6

Рыбоводно-биологические показатели второго эксперимента
Fish-farming and biological parameters of the second experiment

Показатель	Опыт 1 (OP+BL20)	Опыт 2 (OP+162)	Контроль (OP)
1	2	3	4
Общее количество, шт.	39	39	39
Выживаемость, шт.:	36 (92,31 %)	36 (92,31 %)	36 (92,31 %)

Окончание табл. 6

1	2	3	4
Средняя масса рыбы, г: исходная конечная	$37,15 \pm 1,34$ $128,31 \pm 7,63$	$38,37 \pm 1,37$ $130,58 \pm 5,33$	$37,24 \pm 1,54$ $123,2 \pm 5,21$
Абсолютный прирост, г/шт.	91,16	92,20	85,96
Среднесуточный прирост, г/шт.	1,32	1,34	1,25
Коэф. массонакопления	0,072	0,074	0,071
Относительный прирост, %	245,40	240,27	230,86
Относительная скорость роста, %	1,55	1,54	1,51
Общая ихтиомасса, кг исходная конечная	1,449 4,619	1,497 4,701	1,452 4,435

Во втором эксперименте наблюдается схожая картина: обобщенные показатели за весь период несильно отличаются между группами (табл. 5, 6). Однако в этом случае отстающие значения зафиксированы во 2-й опытной группе,

наивысшие же в опытной группе, получавшей вместе с рационом штамм *162 St*. В последней декаде наблюдений масса рыб в 1-м опыте была на 4,25 %, во 2-м опыте на 7,61 % больше, чем в контроле.

Таблица 7

Относительный прирост групп второго эксперимента
Relative increase in groups of the second experiment

Период наблюдений	Относительный прирост, %		
	Опыт 1 (OP+BL20)	Опыт 2 (OP+162)	Контроль (OP)
30.09 – 10.10	9,16	11,44	13,46
10.10 – 20.10	28,75	17,91	25,69
20.10 – 30.10	32,49	36,48	32,09
30.10 – 9.11	20,15	25,58	20,70
9.11 – 19.11	20,67	23,78	20,83
19.11 – 29.11	17,51	17,57	13,74
29.11 – 9.12	8,87	3,83	5,88

Таблица 8

Относительная скорость роста групп второго эксперимента
Relative growth rate of the groups in the second experiment

Период наблюдений	Относительная скорость роста, %		
	Опыт 1 (OP+BL20)	Опыт 2 (OP+162)	Контроль (OP)
30.09 – 10.10	0,88	1,08	1,26
10.10 – 20.10	2,51	1,64	2,28
20.10 – 30.10	2,79	3,09	2,77
30.10 – 9.11	1,83	2,27	1,88
9.11 – 19.11	1,87	2,13	1,89
19.11 – 29.11	1,61	1,62	1,29
29.11 – 9.12	0,85	0,38	0,57

Статистические различия по массе в обоих экспериментах не обнаружены (критерий достоверности $P < 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

По данным обоих экспериментов наблюдается отсутствие значимых отличий опытных групп от контрольных, что подтверждается при статистической обработке данных. Схожая картина наблюдается в исследованиях Г.И. Прониной [15]. Ею проведены опыты по выявлению эффективности таких пробиотических добавок, как «Субтилис-С» и «Энзимоспорин», в состав которых входит штамм *Bacillus licheniformis*, как и во втором нашем эксперименте, на Нильской тиляпии (*Oreochromis niloticus*) и стерляди соответственно. В обеих работах авторами не замечено статистической разницы между опытными и контрольными группами по набору массы [15, 16]. В их исследованиях отмечается изменение в показателях относительной скорости роста на поздних этапах наблюдения [16]. Кроме того, авторами проводятся гематологические исследования, по результатам которых авторы отмечают положительное влияние добавок на иммунные функции крови. Подобные результаты с отсутствием достоверных различий по средней массе видны в работах В.П. Масликова и Н.И. Кочеткова [10, 20]. Оба коллектива исследуют добавки с присутствием в составе штаммов молочнокислых бактерий. В.П. Масликовым и др. отмечено преимущество опытных групп над контролем начиная с 40-го дня наблюдений и достигающее в их finale 12,12 % [10]. В нашем первом эксперименте видна схожая картина с повышением показателей относительного прироста и относительной скорости роста с четвертой декады (см. табл. 3, 4). Н.И. Кочетков и др. обнаруживают статистически значимые различия (в пользу опытных групп) в показателе коэффициента упитанности по Фултону [20].

Во всех вышеперечисленных работах продолжительность наблюдений, как и в наших, составляла 60–70 сут. С учетом улучшения показателей относительного прироста и относительной скорости роста на последних стадиях наблюдений (см. табл. 3, 4, 7, 8), можно предположить, что преимущество пробиотических добавок раскрывается на длиной дистанции, когда в результате взросления снижаются приросты, выбранные микроорганизмы могут смягчить и растянуть этот процесс. Для раскрытия потенциала недостаточно

60 дней испытаний, требуется повторное проведение эксперимента с увеличенными сроками.

Так, в испытаниях пробиотических добавок «Пролам», «Бацилл» и «Споротермин», проводимых на молоди русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*), период наблюдений составил 90 дней. В конце эксперимента группы, получавшие с основным рационом пробиотические добавки, имели статистически значимые различия с контролем (две из них с критерием $P < 0,001$). Самые высокие значения (на 15,8 % крупнее контроля) имела группа с штаммом *Bacillus licheniformis* в составе [17].

Однако увеличение длительности наблюдений не всегда приводит к обнаружению эффективности пробиотической добавки. Например, в исследованиях Ю.И. Есавкина были проведены испытания на радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) препарата «Энзимоспорин» в течение 129 сут [12]. Как и в исследованиях Г.И. Прониной [16], не обнаружено статистически значимых различий по средней массе, однако отмечено преимущество опытных групп по показателям среднесуточного прироста, выживаемости и рыбопродуктивности [12].

Кроме того, есть исследования, в которых действие пробиотика видно и на более коротких сроках проведения эксперимента. Например, испытания Бацифолина А и Басулифора А, результатом которых стал стабильный перевес в средней массе в опытных группах, проводился всего 31 день [21]. Или эксперимент с испытанием «ЛикваФид» и «Ветом 2», где показатель абсолютного прироста в опыте в 1,4–1,7 раза выше, чем в контроле [19].

Из этого следует, что в проведении исследований по определению эффективности пробиотических добавок недостаточно только увеличить сроки наблюдений, необходимо сосредоточить внимание на биологических показателях рыб (абсолютные, относительные, среднесуточные приросты, относительной скорости роста, коэффициенте массонакопления, коэффициенте упитанности), а также следует проводить иммунологические и микробиологические анализы опытных групп.

В нашем же исследовании рассмотрены показатели относительной скорости роста и относительного прироста, в которых во втором эксперименте во всех группах заметны скачкообразные движения значений в первые двадцать дней (см. табл. 7, 8). С третьей декады показатели приобретают более линейные значения, благода-

ря чему можно заметить преимущество второй опытной группы. Так, на пятидесятый день эксперимента, наибольшие значения в относительном приросте и относительной скорости роста зафиксированы во второй опытной группе – 23,78 % и 2,13 % соответственно. Однако уже в следующей декаде показатели опытных групп приобретают сходные значения, а на семидесятый день значения прироста и скорости роста в первой опытной группе и контрольной группе резко падают. Преимущество у опытной группы, получавшей с кормом *Bacillus licheniformis* 233 (8,87 и 0,85 % соответственно).

Во втором опыте видно, что на протяжении всего периода наблюдений отмечается преимущество групп, получавших с кормом пробиотические штаммы. Наивысшие значения показала группа с внесением в корм штамма *162 St*.

ВЫВОДЫ

1. В первом эксперименте лучшие показатели прироста средней массы были отмечены

в опытных группах. Из них наиболее высокие значения относительного прироста показали группы молоди стерляди при скармливании *Enterococcus munktii* – 20,50 %, *Lactobacillus plantarum* – 16,61 % и относительной скорости роста составляла *Enterococcus munktii* – 1,55 %, *Lactobacillus plantarum* – 1,28 %.

2. По результатам второго эксперимента контрольная группа показала наименьшие результаты по средней массе ($123,2 \pm 5,21$ г), самые высокие значения у опытной группы с применением штамма *162 St* – $130,58 \pm 5,33$ г, у группы *Bacillus licheniformis* 233 – $128,31 \pm 7,63$ г. По показателям относительного прироста и относительной скорости роста опытные группы также опережали контроль.

3. Для решения о пробиотическом потенциале и составлении консорциума всем выбранным штаммам необходимы дальнейшие исследования с увеличением периода наблюдения. Кроме того необходим анализ по гематологическим показателям, а также анализ микробного сообщества кишечника в конце исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дун С. Обеспечение устойчивого развития аквакультуры путем повышения естественного иммунитета культивируемых рыб // ХХV юбилейные Царскосельские чтения: мат-лы междунар. науч. конф. – СПб., 2021. – С. 77–82. – DOI: 10.21443/3034-1434-2024-2-3-64-82.
2. Челядникова Ю.А., Мусатов Г.А. Влияние антибиотиков на слизистую оболочку и симбиотические организмы кишечника // Современные проблемы естественных наук и медицины: сб. стат. Всерос. науч. конф. – Йошкар-Ола, 2020. – С. 517–520.
3. Host habitat is the major determinant of the gut microbiome of fish/ P.S. Kim, N.R. Shin, J.B. Lee [et al.] // Microbiome – 2021. – Vol. 9, № 1. – P. 166. – DOI: 10.1186/s40168-021-01113-x.
4. The gut microbiome and aquatic toxicology: An emerging concept for environmental health / O. Adamovsky, A.N. Buerger, A.M. Wormington [et al.] // Environmental toxicology and chemistry – 2018. – Vol. 37, № 11. – P. 2758–2775. – DOI: 10.1002/etc.4249.
5. Park J., Kim E.B. Insights into the Gut and Skin Microbiome of Freshwater Fish, Smelt (*Hypomesus nippensis*) // Current microbiology – 2021. – Vol. 78, № 5. – P. 1798–1806. – DOI: 10.1007/s00284-021-02440-w.
6. Gut Microbiome as a Potential Biomarker in Fish: Dietary Exposure to Petroleum Hydrocarbons and Metals, Metabolic Functions and Cytokine Expression in Juvenile *Lates calcarifer* / F. Spilsbury, J. Foysal, C.Y. Tay [et al.] // Frontiers in Microbiology – 2022. – Vol. 13. – DOI: 10.3389/fmicb.2022.827371.
7. Современные исследования по изучению микробиома кишечника рыб / М.С. Зуева, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова // Животноводство и кормопроизводство. – 2023. – Т. 106, № 2. – С. 198–213.
8. Хамад Х.А. К вопросу эффективного использования пробиотиков в аквакультуре // Балтийский морской форум: мат-лы Х Междунар. Балтийского морского форума: в 7 т., – Калининград, 2022. – С. 143–148.
9. Эффективность применения пробиотиков в аквакультуре / В.А. Шилова, Е.А. Гайдук, А.А. Иванов, Г.А. Пономарев // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сб. статей XII Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2024. – С. 265–268.
10. Эффективность использования синбиотического препарата «Простор» в качестве добавок в комбикорм при выращивании сеголеток карпа в прудовых условиях / В.П. Масликов, З.И. Легкодимова, Г.В. Сильникова [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2022. – № 1. – С. 70–79.
11. Биологическое действие кормовых пробиотических добавок «Субтилис-Ж» и «АТЫШ» на организм годовиков карпа / Ю.В. Килякова, Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, К.А. Салдеева // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2022. – № 11. – С. 775–782.

12. Использование кормовой добавки «Энзимспорин» при выращивании двухлетков радужной форели/ Ю.И. Есавкин, А.В. Жигин, А.А. Максименкова [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2023. – № 1. – С. 53–65.
13. Use of probiotics in aquaculture of China-a review of the past decade / A.R. Wang, C. Ran, Y.B. Wang [et al.] // Fish. Shellfish Immun. – 2019. – Vol. 86, № 11. – P. 734–755. – DOI: 10.1016/j.fsi.2018.12.026.
14. Prevalence of virulence genes and antibiotic susceptibility of *Bacillus* used in commercial aquaculture probiotics in China / M.A. Anokyewaa, K. Amoah, Y. Li [et al.] // Aquac. Rep. – 2021. – Vol. 21. – DOI: 10.1016/j.aqrep.2021.100784.
15. Применение пробиотика «Субтилис-С» при разведении нильской тиляпии (*Oreochromis niloticus*) / Г.И. Пронина, О.В. Саная, В.В. Дернаков [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2022. – № 3. – С. 201–209.
16. Влияние пробиотика «Энзимспорин» на рост, жизнестойкость и физиологическое состояние стерляди в условиях УЗВ / Г.И. Пронина, Э.В. Бубунец, А.Р. Федотова, Р.В. Желанкин // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2023. – № 1. – С. 53–65.
17. Влияние применения пробиотиков на рыбоводно-биологические показатели и приросты осетровых рыб / Д.А. Юрин, Е.А. Максим, Д.В. Осепчук [и др.] // Сб. науч. тр. Краснодарского научного центра по зоотехнике и ветеринарии. – 2022. – Т. 11, № 1. – С. 100–104.
18. Гераскин П.П., Ковалева А.В., Григорьев В.А. Влияние пробиотиков на функциональное состояние производителей стерляди // Фундаментальные исследования, инновационные технологии и передовые разработки в интересах долгосрочного развития Юга России: мат-лы Междунар. науч. форума, посвящ. 20-летию ЮНЦ РАН. – Ростов н/Д, 2023. – С. 223–226.
19. Сравнительная характеристика влияния пробиотиков «Ветом 2» и «ЛикваФид» при выращивании радужной форели в ИП романов (Ленинградская область) / Т.А. Нечаева, Л.А. Ильина, В.А. Назаров [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2023. – № 11. – С. 744–754. – DOI: 10.33920/sel-09-2311-04.
20. Положительный опыт применения штамма *Lactobacillus brevis* 47f на рыбоводнобиологические, гематологические и гистологические показатели молоди стерляди (*Acipenser ruthenus*) / Н.И. Кочетков, Д.Л. Никифоров-Никишин, С.В. Смородинская [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2024. – № 4. – С. 96–107. – DOI: 10.36038/0131-6184-2024-4-96-107.
21. Цицкиева К.Р., Бетляева Ф.Х., Маркин Ю.В. Влияние пробиотиков различного микробиологического состава на рост, интерьерные показатели и микрофлору пищеварительного тракта молоди стерляди (*Acipenser ruthenus* L. 1758) // Рыбное хозяйство. – 2025. – № 2. – С. 91–99. – DOI: 10.36038/0131-6184-2025-2-91-99.

REFERENCES

1. Dun S., XXV yubileynye Tsarskoselskie chteniya (25th Anniversary Tsarskoye Selo Readings), Scientific conference materials, Sankt-Peterburg 2021, pp. 77–82, DOI: 10.21443/3034-1434-2024-2-3-64-82. (In Russ.)
2. Chelyadnikova Yu.A., Musatov G.A., Sovremennye problemy estestvennykh nauk i meditsiny (Modern problems of natural sciences and medicine), Scientific conference materials, Yoshkar-Ola, 2020, pp. 517–520. (In Russ.)
3. Kim P.S., Shin N.R., Lee J.B. [et al.], Host habitat is the major determinant of the gut microbiome of fish, *Microbiome*, 2021, Vol. 9, No. 1, ppt. 166, DOI: 10.1186/s40168-021-01113-x.
4. Adamovsky O., Buerger A.N., Wormington A.M. [et al.], The gut microbiome and aquatic toxicology: An emerging concept for environmental health, *Environmental toxicology and chemistry*, 2018, Vol. 37, No. 11, pp. 2758–2775, DOI: <https://doi.org/10.1002/etc.4249>.
5. Park J., Kim E.B., Insights into the Gut and Skin Microbiome of Freshwater Fish, Smelt (*Hypomesus nippensis*), *Current microbiology*, 2021, Vol. 78, No. 5, pp. 1798–1806, DOI: 10.1007/s00284-021-02440-w.
6. Spilsbury F., Foysal J., Tay C.Y. [et al.], Gut Microbiome as a Potential Biomarker in Fish: Dietary Exposure to Petroleum Hydrocarbons and Metals, Metabolic Functions and Cytokine Expression in Juvenile Lates calcarifer, *Frontiers in Microbiology*, 2022, Vol. 13, DOI: 10.3389/fmicb.2022.827371.
7. Zueva M.S., Miroshnikova E.P., Arinzhakov A.E., Kilyakova Yu.V., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2023, Vol. 106, No. 2, pp. 198–213. (In Russ.)
8. Khamad Kh.A., Baltiyskiy morskoy forum (Baltic Maritime Forum), Scientific conference materials, Kaliningrad, 2022, T. 3, pp. 143–148. (In Russ.)
9. Shilova V.A., Gayduk E.A., Ivanov A.A., Ponomarev G.A., Innovatsionnye tekhnologii v APK: teoriya i praktika (Innovative technologies in the agro-industrial complex: theory and practice), Scientific conference materials, Penza, 2024, pp. 265–268. (In Russ.)
10. Maslikov V.P., Legkodimova Z.I., Sil'nikova G.V. [i dr.], *Rybvodstvo i rybnoye khozyaystvo*, 2022, No. 1, pp. 70–79. (In Russ.)
11. Kilyakova Yu.V., Miroshnikova E.P., Arinzhakov A.E., Saldeeva K.A., *Rybvodstvo i rybnoye khozyaystvo*, 2022, No. 11, pp. 775–782. (In Russ.)

12. Esavkin Yu.I., Zhigin A.V., Maksimenkova A.A., Griksas S.A., Pavlov A.D., *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo*, 2023, No. 1, pp. 53–65. (In Russ.)
13. Wang A.R., Ran C., Wang Y.B. [et al.], Use of probiotics in aquaculture of China-a review of the past decade, *Fish. Shellfish Immun*, 2019, Vol. 86, No. 11, pp. 734–755, DOI: 10.1016/j.fsi.2018.12.026.
14. Anokyewaa M.A., Amoah K., Li Y. [et al.], Prevalence of virulence genes and antibiotic susceptibility of *Bacillus* used in commercial aquaculture probiotics in China, *Aquac. Rep*, 2021, Vol. 21, DOI: 10.1016/j.aqrep.2021.100784.
15. Pronina G.I., Sanaya O.V., Dernakov V.V. [i dr.], *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo*, 2022, No. 3, pp. 201–09. (In Russ.)
16. Pronina G.I., Bubunets E.V., Fedotova A.R., Zhelankin R.V., *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo*, 2023, No. 1, pp. 53–65. (In Russ.)
17. Yurin D.A., Maxim E.A., Osepchuk D.V. [i dr.], *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootehnii i veterinarii*, 2022, Vol. 11, No. 1, pp. 100–04. (In Russ.)
18. Geraskin, P.P., Kovaleva A.V., Grigoriev V.A., *Fundamentalnye issledovaniya, innovatsionnye tekhnologii i pere-dovye razrabotki v interesakh dolgosrochnogo razvitiya Yuga Rossii* (Fundamental research, innovative technologies and advanced developments for the long-term development of Southern Russia), Rostov-na-Donu, 2023, pp. 223–26. (In Russ.)
19. Nechaeva T.A., Ilina L.A., Nazarov V.A., Kovalchuk M.I., Zaikin V.A., *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo*, 2023, No. 11, pp. 744–754, DOI: 10.33920/sel-09-2311-04. (In Russ.)
20. Kochetkov N.I., Nikiforov-Nikishin D.L., Smorodinskaya S.V. [i dr.], *Rybnoe khozyaystvo*, 2024, No. 4, pp. 96–107, DOI: 10.36038/0131-6184-2024-4-96-107. (In Russ.)
21. Tsitskiewa K.R., Betlyaeva F.Kh., Markin Yu.V., *Rybnoe khozyaystvo*, 2025, No. 2, pp. 91–99, DOI: 10.36038/0131-6184-2025-2-91-99. (In Russ.)

Информация об авторах:

A.I. Михайлов, младший научный сотрудник

I.V. Морузи, доктор биологических наук

Г. В. Калмыкова, кандидат биологических наук

С. Н. Магер, доктор биологических наук

Е. В. Пищенко, доктор биологических наук

С. В. Севастеев, кандидат биологических наук

П. В. Белоусов, кандидат биологических наук

Д. В. Кропачев, кандидат биологических наук

Contribution of the authors:

A.I. Mikhailov, junior researcher

I.V. Moruzi, Doctor of Biological Sciences

G.V. Kalmykova, Candidate of Biological Sciences

S.N. Mager, Doctor of Biological Sciences

E.V. Pishchenko, Doctor of Biological Sciences

S.V. Sevasteev, Candidate of Biological Sciences

P.V. Belousov, Candidate of Biological Sciences

D.V. Kropachev, Candidate of Biological Sciences

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.