

Научная статья/Research article

УДК 639.37

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-10-122-131

Александр Николаевич Беляев^{1✉}, Анна Юрьевна Волкова², Елена Александровна Клюкина³

^{1,2,3}Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

¹beliaev_86@bk.ru

²golubewat@mail.ru

³elena_k_79@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОРМЛЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ НА ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ЕЕ ЛИНЕЙНО-ВЕСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ²

Цель исследования – провести сравнительный анализ влияния способа выдачи корма на линейно-весовые показатели молоди радужной форели с учетом их вариабельности (изменчивости). Объект исследования – мальки радужной форели, выращиваемые в бассейнах в ООО «Федоренко Н.В.». Перед началом исследования рыба из двух бассейнов была отсортирована, определены размерно-весовые показатели по фракциям и снова смешена и посажена в те же бассейны. Кормление как в ручном, так и в автоматическом режиме проводилось каждый час круглогодично в течение 33 сут. По окончании исследования рыбы были опять отсортированы, измерены линейно-весовые показатели, определена их вариабельность (Cv). Проверку нулевой гипотезы, что сравниваемые совокупности одинаково распределены, осуществляли с помощью непараметрического U -критерия Манна – Уитни. При сравнении радужной форели по массе, а также по зоологической длине до постановки опыта выборки (объемом 44 и 43 соответственно) имели одинаковое распределение с надежностью 95 %. Однако при сравнении рыб по этим же показателям после постановки опыта (выборки объемом 45 и 33 соответственно) величина статистики T (3,515 и 6,245 соответственно) больше табличного значения критерия Стьюдента для степени свободы $df = 76$ и уровня значимости $\alpha = 0,05$ ($T(0,05, df) = 1,992$). Следовательно, различия между исследуемыми выборками оказались достоверны, способ кормления (ручное и с помощью автоматической кормушки) оказывает значительно влияние (с достоверной вероятностью 95 %) на массу и длину тела рыб. Наибольшее влияние оказал автоматический способ выдачи корма.

Ключевые слова: радужная форель, способ кормления форели, автоматическое кормление форели, живая масса форели, длина тела форели

Для цитирования: Беляев А.Н., Волкова А.Ю., Клюкина Е.А. Влияние технологии кормления посадочного материала радужной форели на вариабельность ее линейно-весовых показателей // Вестник КрасГАУ. 2025. № 10. С. 122–131. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-10-122-131.

Alexander Nikolaevich Belyaev^{1✉}, Anna Yur'evna Volkova², Elena Aleksandrovna Klyukina³

^{1,2,3}Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

¹beliaev_86@bk.ru

²golubewat@mail.ru

³elena_k_79@mail.ru

INFLUENCE OF RAINBOW TROUT PLANTING MATERIAL FEEDING TECHNOLOGY ON VARIABILITY OF ITS LINEAR-WEIGHT PARAMETERS

The objective of this study is to conduct a comparative analysis of the impact of feed distribution method on the linear-weight parameters of juvenile rainbow trout, taking into account their variability. The study subjects were rainbow trout fry reared in tanks at Fedorenko N.V., LLC. Before the study, fish from both

© Беляев А.Н., Волкова А.Ю., Клюкина Е.А., 2025

Вестник КрасГАУ. 2025. № 10. С. 122–131.

Bulletin of KSAU. 2025;(10):122-131.

tanks were sorted, their size and weight parameters were determined, and then re-mixed and placed in the same tanks. Feeding, both manually and automatically, was performed every hour around the clock for 33 days. Upon completion of the study, the fish were again sorted, their linear-weight parameters were measured, and their variability (C_v) was determined. The null hypothesis that the compared populations were identically distributed was tested using the nonparametric Mann-Whitney U-test. When comparing rainbow trout by weight and zoological length before the experiment, the samples (44 and 43 in size, respectively) had the same distribution with a reliability of 95 %. However, when comparing fish by the same parameters after the experiment (45 and 33 in size, respectively), the value of the T statistic (3.515 and 6.245, respectively) is greater than the tabulated value of the Student's t-test for the degree of freedom $df = 76$ and the significance level $\alpha = 0.05$ ($T(0.05, df) = 1.992$). Therefore, the differences between the studied samples were significant; feeding method (manual vs. automatic feeder) significantly impacted fish body weight and length (with a 95 % confidence level). Automatic feeding had the greatest impact.

Keywords: rainbow trout, trout feeding method, automatic trout feeding, trout live weight, trout body length

For citation: Belyaev AN, Volkova AYu, Klyukina EA. Influence of rainbow trout planting material feeding technology on variability of its linear-weight parameters. *Bulletin of KSAU*. 2025;(10):122-131. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-10-122-131.

Введение. Республика Карелия входит в число регионов-лидеров по производству товарной форели в Российской Федерации [1], что обусловлено уникальными природными условиями, позволяющими выращивать рыбу в естественных водоемах. Для обеспечения спроса на рыбопосадочный материал на территории Карелии функционируют инкубационно-выростные комплексы, в большинстве своем работающие с использованием технологии замкнутого водоснабжения или на проточной системе. Как правило, они применяют современные технологии для водоподготовки и оптимизации водной среды, оснащены сложными системами механической и биологической фильтрации, температурной коррекции, удаления газов, растворенных в воде, обеззараживания и нормализации pH. Современные предприятия по производству посадочного материала радужной форели оснащаются инкубационными комплексами для осуществления инкубации до нескольких миллионов икринок за сезон и имеют необходимые площади для выдерживания личинок и подращивания мальков, а также имеют достаточно большие выростные площадки для производства молоди форели с живой массой до 15 г и более.

Такие высокотехнологичные производства требуют соответствующих методик содержания и выращивания рыбы, применения автоматизации с целью как контроля параметров водной среды, так и оптимизации основных технологических процессов [2]. Одним из важнейших нап-

равлений автоматизации в индустриальной аквакультуре является кормление рыбы. Это трудоемкий процесс, в ручном режиме занимающий порядка 50 % рабочего времени. При выращивании посадочного материала рыб на начальных стадиях развития кормление должно производиться круглосуточно, с интервалом между выдачей корма в 40–60 мин. Такой режим кормления особенно необходим на этапе приучения личинок к корму, кормовые частицы должны попадать в организм личинок регулярно и очень часто, чтобы обеспечить полноценное развитие молоди. В связи с этим значительно возрастают затраты труда и времени при организации процесса кормления личинок и мальков форели на начальных производственных этапах. Автоматизация процесса кормления рыбы позволяет значительно снизить затраты труда и времени, однако требует дополнительных финансовых вложений для организации рационального кормления. Также отмечено, что автоматизация способствует более оптимальному распределению кормов и тем самым ведет к улучшению здоровья рыб, снижает потери кормов при их кормлении [3]. Исследовано и подтверждено положительное влияние автоматизированных способов выдачи корма на скорость роста и его потребление, в т. ч. при сравнении с ручными методами у различных объектов выращивания [4, 5]. Недостатком автоматизированного кормления является некорректная работа системы, не учитывающая индивидуальные особенности рыб, в т. ч. поведенческие ре-

акции, которые, несомненно, учитываются при использовании традиционного ручного способа с визуальным контролем аппетита рыб и поедаемости корма. Это приводит к увеличению потерь кормов и часто ведет к сильной дифференциации рыбы по размерно-весовым признакам. Поэтому наибольший положительный эффект получен при использовании методов искусственного интеллекта в сочетании с автоматизированным способом выдачи корма, что наиболее полно исключает недокорм и перекорм, характерные для этих технологий кормления рыб [6]. В настоящее время существует множество отечественных и зарубежных разработок для автоматического кормления рыб как в садковых хозяйствах, так и использующих замкнутое водоснабжение [7]. Эффективность их изучена довольно хорошо, оценены основные преимущества, показано более рациональное использование кормов при выращивании рыб и креветок при автоматизации процесса кормления, отмечается снижение органической нагрузки на естественные водоемы, характерной для проточных систем и садковых хозяйств, показан значительный экономический эффект от применения на высокointенсивных производствах [6–8].

Однако одним из недостатков автоматического кормления является неравномерная выдача корма, а также отсутствие учета аппетита и поедаемости корма рыбами, увеличение затрат кормов на рост [9]. Данные недостатки, как правило, ведут к неравномерному потреблению корма всеми особями группы и разной скорости роста отдельных рыб. Особенно сильно эти недостатки могут влиять на рост личинок, мальков и сеголеток рыб как особей с наиболее интенсивным метаболизмом. Тем не менее до сих пор влияние технологии кормления на вариабельность линейно-весовых показателей посадочного материала радужной форели практически не изучено.

Цель исследования – провести сравнительный анализ влияния способа выдачи корма на линейно-весовые показатели молоди радужной форели с учетом их вариабельности (изменчивости).

Задачи: оценить особенности распределения рыб по живой массе и затраты кормов в группах с ручным и автоматизированным кормлением;

вариабельность линейно-весовых показателей мальков форели при использовании ручного и автоматизированного кормления; оценить степень отличия двух сравниваемых групп форели по массе, длине и упитанности с помощью непараметрического U-критерия.

Объекты и методы. Объект исследования – партия посадочного материала триплоидной радужной форели, полученная из икры французского происхождения, проинкубированной в сентябре–октябре 2024 года. Посадочный материал выращивался в бассейнах инкубационно-выростного цеха ООО «Федоренко Н.В.». Перед началом исследований рыба из двух бассейнов была отдельно отсортирована на 3 фракции с помощью автоматического сортировального аппарата FavreHelios 20 с тремя выходами и шириной сортировочных каналов от 7 до 11 мм. В рассортированных группах были определены размерно-весовые показатели по фракциям, далее весь посадочный материал был смешан и посажен в те же бассейны (табл. 1). Плотность посадки, размерно-весовые показатели, параметры водной среды и нормы кормления были одинаковыми в обеих группах.

В один из двух бассейнов (бассейн 206) были установлены две автоматические кормораздатчики пневматического типа: у водоподачи и в середине бассейна. Кормление как в ручном, так и в автоматическом режиме проводилось каждый час круглосуточно в период с 30 января по 7 марта 2025 г. (37 дней). По окончании исследования рыбы были опять отсортированы по начальным настройкам сортировального аппарата, измерены линейно-весовые показатели: средняя масса M , г; индивидуальная живая масса P , г; зоологическая длина (от основания рыла до окончания хвостового плавника) – L_0 , мм; коэффициент упитанности по Фультону K ($P \cdot 100 / L_0^3$), % в каждой фракции [10, 11]; общая масса каждой фракции, кг; распределение рыбы по фракциям, %. С целью изучения уровня изменчивости признаков в каждой размерной группе по всем показателям был определен коэффициент вариабельности по формуле $C_v = \delta / \sqrt{n}$ [12].

Проверку нулевой гипотезы о том, что сравниваемые совокупности одинаково распределены, осуществляли с помощью непараметрического U-критерия Манна – Уитни [13]. Поскольку

объемы выборок n_1 и n_2 больше 20, то вместо величины U-критерия используют величину T, которые вычисляют по формулам

$$U = \max(U_1, U_2);$$

$$U_1 = n_1 n_2 + n_1(n_1 + 1)/2 - R_1;$$

$$U_2 = n_1 n_2 + n_2(n_2 + 1)/2 - R_2;$$

$$T = (U - n_1 n_2 / 2) / \sqrt{(n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1) / 12)},$$

где R_1 и R_2 – сумма рангов вариант в общем вариационном ряду первой и второй выборки соответственно. Статистическая обработка данных проведена с помощью стандартного программного пакета MS Excel.

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 приведены результаты сортировки рыб до постановки опыта. До первой сортировки рыба кормилась в ручном режиме каждый час круглосуточно и содержалась в одинаковых условиях.

Таблица 1

Результаты сортировки форели перед постановкой опыта
Trout sorting results before setting up the experiment

Показатель	Бассейн 206			Бассейн 209		
	1	2	3	1	2	3
Фракция	1	15,7	21,7	8,8	15,5	22,7
Средняя масса, г	8,1	15,7	21,7	8,8	15,5	22,7
Масса фракции, кг	1,4	38,4	14,4	5,6	47,0	8,4
Количество, шт.	168	2446	664	636	3032	370
Количество в группе, %	5	75	20	16	75	9
Общая масса, кг		54,2			61,0	
Общее количество, шт.		3278			4038	
Средняя масса по бассейну, г		16,5			15,1	

По данным таблицы 1 распределение рыб в группах подчиняется стандартной закономерности: 75 % особей имеют среднюю массу, и она сопоставима в обеих группах – 15,7 и 15,5 г. Среднее значение живой массы рыб по бассейнам составило 16,5 и 15,1 г, количество рыб в группах было 3278 и 4038 шт., общая масса – 54,2 и 61 кг соответственно. Эти данные сопос-

тавимы, что подтверждает однородность выбранных для исследования групп рыб, выращиваемых до эксперимента в одинаковых условиях.

В таблице 2 представлены основные рыбоводные показатели, полученные после выращивания мальков при разных технологиях выдачи корма.

Таблица 2

Результаты сортировки форели после проведения опыта
Trout sorting results after setting up the experiment

Показатель	Бассейн 206 (автоматизированное кормление)			Бассейн 209 (ручное кормление)		
	1	2	3	1	2	3
Фракция	1	14,7	32,0	7,9	14,0	26,0
Средняя масса, г	7,4	14,7	32,0	7,9	14,0	26,0
Масса фракции, кг	0,02	1,06	95,46	0,17	4,31	94,43
Количество, шт.	3	72	2983	21	308	3632
Количество в группе, %	0,10	2,35	97,55	0,53	7,78	91,69
Общая масса, кг		93,2			99,6	
Общее количество, шт.		3058			3961	
Средняя масса по бассейну, г		30,5			25,1	
Затраты кормов, кг		29,5			29,5	
Кормовой коэффициент		0,761			0,753	

Отмечено, что в экспериментальных группах произошло существенное изменение в распределении особей по массе. Так, значительно снизилось число рыб средней фракции (средняя масса в группах 14,0 и 14,7 г соответственно), их количество составило лишь 2,35 % в группе с автоматизированным кормлением и 7,78 % – в группе с ручной выдачей корма. При использовании кормораздатчиков количество рыб в крупной фракции составило 97,55 % со средней живой массой 32 г, а при ручном кормлении – 91,69 % со средней массой 26 г. Также стоит отметить, что в группе рыб самой маленькой фракции при ручном кормлении отсортировано 0,53 % особей (21 шт., средняя масса тела 7,9 г), тогда как при автоматизированном – всего лишь 3 шт., т. е. 0,1 %, что является хорошим показателем при выращивании молоди радужной форели. Это свидетельствует о доступности корма для всех рыб из бассейна и положительно сказывается на качестве посадочного материала. Таким образом, выявлено положительное влияние автоматизации кормления на распределение рыб по массе по сравнению с традиционным ручным способом.

При этом надо отметить, что затраты кормов на прирост массы в сравниваемых группах были

практически одинаковыми – кормовой коэффициент составил 0,76 и 0,75 соответственно, хотя в некоторых работах по изучению результатов автоматизации кормления отмечается снижение затрат кормов на рост. Например, при садковом выращивании рыбы при сравнении ручного и автоматизированного кормления более эффективным признан второй, так как затраты корма на прирост снизились, сократилось негативное влияние на качество водной среды, однако значимых различий по скорости роста при использовании ручной и автоматической выдачи корма не было выявлено [8].

Аналогичные результаты описаны в работе [3], а также [4, 5] при сравнительной оценке эффективности кормления рыб и креветок разными способами. Отмечены более высокая скорость весового роста при автоматических режимах кормления и увеличение затрат кормов при ручном кормлении [3–5].

Для оценки вариабельности линейно-весовых показателей до начала опыта с каждой фракции сеголеток радужной форели случайным образом отобрано 13–15 экземпляров, индивидуально измерены масса и длина и определен коэффициент упитанности. Данные представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Вариабельность линейно-весовых показателей радужной форели
по результатам сортировки выборочных значений до постановки опыта**
**Variability of linear-weight indicators of rainbow trout based on the results
of sorting sample values before setting the experiment**

Показатели	Бассейн 206			Бассейн 209		
	Фракция					
	1 – мелкая	2 – средняя	3 – крупная	1 – мелкая	2 – средняя	3 – крупная
n	13	15	15	15	15	15
M, г	<u>7,52±0,51</u>	<u>16,49±0,90</u>	<u>22,64±0,74</u>	<u>8,05±0,68</u>	<u>14,42±0,87</u>	<u>24,59±0,70</u>
Cv, %	24,29	21,25	12,73	32,71	23,35	10,97
lim	3,7–10,3	9,6–22,7	18,9–27,0	2,8–11,5	11,2–23,4	20,7–29,8
L ₀ , мм	<u>81,54±2,80</u>	<u>105,0±2,24</u>	<u>117,33±1,53</u>	<u>81,33±3,25</u>	<u>101,33±2,31</u>	<u>119,29±1,27</u>
Cv, %	12,36	8,25	5,06	15,49	8,84	3,98
lim	65–105	90–120	110–130	55–95	85–120	110–130
K, %	<u>1,39±0,07</u>	<u>1,41±0,04</u>	<u>1,40±0,03</u>	<u>1,46±0,05</u>	<u>1,38±0,05</u>	<u>1,45±0,03</u>
Cv, %	17,81	10,05	7,49	13,47	12,9	8,53
lim	0,75–1,68	1,16–1,63	1,23–1,68	1,18–1,78	1,11–1,82	1,31–1,74

Здесь и далее: числитель – X±t; знаменатель – Cv (коэффициент вариации), %; M – масса рыб, г; L₀ – абсолютная (зоологическая) длина, мм; K – коэффициент упитанности по Фультону, %.

По данным таблицы 3 наиболее вариабельными по массе были мелкие фракции рыб. Так как условия до опыта в бассейнах были схожие, то и изменчивость в обеих группах по всем показателям схожа. Самый высокий коэффициент вариации был отмечен в бассейне 209 (32 %) при размахе значения живой массы 2,8–11,5 г, в бассейне 206 отмечена такая же тенденция, коэффициент вариабельности массы тела в этой группе – 24,3 % (масса рыб – от 3,7 до 10,3 г). Изменчивость по длине тела и упитанности рыб в обеих группах до проведения экспериментального кормления была ниже, чем по массе. Коэффициент вариабельности до постановки эксперимента был в средних группах от 8 до 12,9 % соответственно, в крупных группах – от 3,9 до 8,5 % соответственно, т. е. вариабельность всех значений, за исключением живой массы радужной форели, была незначительной. Аналогичное распределение рыб по изменчивости показателей массы и длины тела отмечено в других исследованиях, в т. ч. и у радужной форели [14, 15], и характерно для особей, культивируемых в искусственных условиях. При ис-

пользовании интенсивных методов выращивания в аквакультуре всегда отмечается очень быстрый рост особей, особенно у высокопродуктивных пород рыб – объектов эффективной селекционной работы. Наиболее быстрым является прирост массы в группах молодых организмов. Для молоди радужной форели, имеющей очень интенсивный уровень метаболизма, характерно преобладание весового роста по сравнению с линейным. Поэтому важной частью технологического процесса в индустриальной аквакультуре является своевременная и регулярная сортировка рыб по массе, позволяющая разделять особей по фракциям и корректировать кормовые рационы.

В процессе сортировки после проведения опыта случайным образом из двух бассейнов 206 и 209 соответственно было отобрано 33 и 45 экземпляров (всего 78), которые с помощью сортировального аппарата были распределены по фракциям. Затем индивидуально измерены масса и длина (от рыла до основания хвостового плавника) и определен коэффициент упитанности. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Вариабельность линейно-весовых показателей радужной форели
по результатам сортировки выборочных значений после постановки опыта**
**Variability of linear-weight indicators of rainbow trout based on the results
of sorting sample values after setting the experiment**

Показатели	Бассейн 206 (автоматизированное кормление)			Бассейн 209 (ручное кормление)		
	Фракция					
	1 – мелкая	2 – средняя	3 – крупная	1 – мелкая	2 – средняя	3 – крупная
n	3	15	15	15	15	15
M, г	<u>7,43±0,42</u>	<u>15,04±0,52</u>	<u>32,54±1,39</u>	<u>7,86±0,39</u>	<u>13,82±0,61</u>	<u>28,22±1,87</u>
Cv, %	11,28	13,45	16,49	19,05	17,19	25,71
lim	6,9–8,4	10,8–18,5	26,1–42,3	4,8–10,4	10,2–17,5	18,8–46
L ₀ , мм	<u>93,00±1,73</u>	<u>121,2**±1,80</u>	<u>147,53±1,90</u>	<u>95,87±1,56</u>	<u>113**,53±1,66</u>	<u>145,07±3,13</u>
Cv, %	3,72	5,75	5,00	6,29	5,67	8,35
lim	91–97	109–130	138–162	81–103	102–125	123–170
K, %	<u>0,92±0,003</u>	<u>0,85**±0,03</u>	<u>1,01***±0,02</u>	<u>0,89±0,02</u>	<u>0,94**±0,01</u>	<u>0,91***±0,01</u>
Cv, %	0,73	14,43	7,39	10,92	4,91	5,41
lim	0,92–0,93	0,49–1,03	0,91–1,2	0,70–1,07	0,87–1,01	0,81–1,01

** P < 0,01; *** P < 0,001

После 33 дней кормления рыб разными способами отмечены следующие изменения: коэффициент вариации трех изучаемых показателей

во всех группах сильно снизился по сравнению с началом опытного периода. При этом изменчивость в группе с автоматической выдачей

корма была ниже, чем в группах рыб, которых кормили в ручном режиме. Исключением является третья – крупная – фракция рыб с автоматизированным кормлением, в которой Cv массы увеличился с 12,3 до 16,49 % (размах значений массы 26–42 г) и третья фракция группы ручного кормления, Cv – 25,71 % (масса 18,8–46 г), изменчивость живой массы в этой группы увеличилась в 2,5 раза по сравнению с началом эксперимента. Это, вероятно, связано со значительным ростом величины стандартного отклонения по сравнению с ростом средней арифметической. Таким образом, можно отметить, что при использовании автоматических кормораздатчиков вариабельность живой массы в группе крупных мальков радужной форели снижается по сравнению с группой, которую кормили вручную. Меньший размах значений массы свидетельствует о большей выравненности рыб в группе, это является показателем качественного посадочного материала, повышает эффективность дальнейшего выращивания сеголеток и товарной рыбы, позволяет избежать дополнительных сортировок и делает кормление рыбы более эффективным. При

анализе изменчивости длины тела и упитанности рыб также можно отметить ее снижение почти во всех группах. Коэффициент вариабельности длины тела исследуемых рыб был на уровне 3,7–5,7 % во всех фракциях группы с автоматическим кормлением и от 8,35 до 6,29 % в группе ручного кормления, т. е. мы отмечаем некоторое незначительное увеличение изменчивости линейных показателей при ручном кормлении по сравнению с автоматическим. При оценке вариабельности коэффициента упитанности выявлено ее увеличение среди особей средней фракции в группе автоматического кормления до 14,43 % по сравнению с той же фракцией с ручным кормлением, что связано со снижением величины средней арифметической и увеличением стандартного отклонения.

Для полученных выборок по массе тела, зоологической длине и упитанности мальков радужной форели из двух сравниваемых групп до и после постановки эксперимента по кормлению была решена задача проверки отличий с помощью непараметрического критерия U-критерия. Результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты расчетов сравнения двух выборок с помощью U-критерия
Results of U-test comparison of two samples

Показатель	До постановки опыта			После постановки опыта		
	по массе	зоологической длине	коэффициенту упитанности	по массе	зоологической длине	коэффициенту упитанности
n1	44	44	44	45	45	45
n2	43	43	43	33	33	33
R1	1801	1854	1934,5	1430	1160	1655
R2	1991	1974	1893,5	1651	1921	1426
U1	1081	1028	947,5	1090	1360	865
U2	847	864	944,5	395	125	620
U	1081	1028	947,5	1090	1360	865
T	1,146	0,696	0,013	3,515	6,245	1,239
df	85	85	85	76	76	76
T(0,05,df)	1,988	1,988	1,988	1,992	1,992	1,992

Поскольку при сравнении молоди радужной форели по живой массе, а также по зоологической длине до постановки опыта величина статистики T (1,146 и 0,696 соответственно) меньше табличного значения критерия Стьюдента для степени свободы df = 85 и уровня значимос-

ти $\alpha = 0,05$ ($T(0,05;85) = 1,988$) (см. табл. 5), то это подтверждает нулевую гипотезу о том, что выборки имеют одинаковое распределение, т.е. взяты из одной генеральной совокупности. Однако при сравнении рыб по массе и зоологической длине после проведения экспериментального

кормления величина статистики Т (3,515 и 6,245 соответственно) больше табличного значения критерия Стьюдента для степени свободы $df = 76$ и уровня значимости $\alpha = 0,05$ ($T(0,05;76) = 1,992$) (см. табл. 5). Следовательно, различия между исследуемыми выборками достоверны. Сравнение радужной форели до ($T = 0,013 < T(0,05;85) = 1,988$) и после ($T = 1,239 < T(0,05;76) = 1,992$) постановки опыта по коэффициенту упитанности подтвердило гипотезу об однородности выборок (см. табл. 5).

Заключение. В результате сравнительной оценки влияния способа выдачи корма на линейно-весовые показатели молоди радужной форели выявлено положительное влияние автоматизации кормления на распределение рыб по массе и зоологической длине тела по сравнению с традиционным ручным способом. При использовании автоматических кормораздатчиков вариабельность живой массы в группе крупных мальков снижается по сравнению с группой, которую кормили вручную. Меньший размах значений массы является показателем качественного посадочного материала, повышает эф-

фективность его дальнейшего выращивания и делает кормление рыбы более эффективным. С помощью U-критерия – наиболее чувствительного и мощного метода сравнения двух выборок – доказано, что способ кормления (ручное и с помощью автоматической кормушки) оказал значительное влияние (с достоверной вероятностью 95 %) на такие размерно-весовые параметры радужной форели, как масса и зоологическая длина тела рыбы. Однако на упитанность форели автоматизированный способ кормления оказывает несущественное влияние по сравнению с ручным (с вероятностью ошибки 5 %).

Таким образом, в условиях производства посадочного материала форели рекомендуется использование автоматического кормления. Данная технология позволит снизить вариабельность линейно-весовых показателей рыб и повысить качество рыболовной продукции. Выращивание посадочного материала с однородными показателями массы, длины и упитанности тела позволяет избежать промежуточных сортировок рыб и упрощает процесс выращивания.

Список источников

1. Milyanchuk N., Kuchko Ya., Ilmast N. The impact of fish farming on the Tarasmozero Lake ecosystem, Onega Lake basin. In: BIO Web of Conferences. Biologization, 2024. 2024. Vol. 118. P. 02002. DOI: 10.1051/bioconf/20241180200. EDN: UPSDTO.
2. Шмелева Л.А. Автоматизация бизнес-процессов аквакультурного производства // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 6 (1). С. 181–185. DOI: 10.17513/vaael.2263.
3. Thornburg J. Feed the fish: A review of aquaculture feeders and their strategic implementation // Journal of the World Aquaculture Society. 2025. Vol. 56, is. 2. P. e70016. DOI: 10.1111/jwas.70016.
4. Jescovitch L., Ullman C., Rhodes M., et al. Effects of different feed management treatments on water quality for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* // Aquaculture Research. 2017. Vol. 49. P. 1–6. DOI: 10.1111/are.13483.
5. Ullman C., Rhodes M., Hanson T., et al. Effects of Four Different Feeding Techniques on the Pond Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* // World Aquaculture Society. 2019. Vol. 50, is. 1. P. 54–64. DOI: 10.1111/jwas.12531.
6. Lu Zh., Li B., Xiaobing S., et al. Intelligent fish feeding based on machine vision: A review // Biosystems Engineering. 2023. Vol 231. P. 133–164. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2023.05.010.
7. Thornburg J. Feed the fish: Are view of aquaculture feeders and their strategic implementation // World Aquaculture Society. 2025. Vol. 56, is. 2. P. e70016. DOI: 10.1111/jwas.70016THORNBURG.
8. Rahman M., Sumantri I. Evaluation of simple feeding technology on growth and feed efficiency of tilapia in cage aquaculture at South Kalimantan, Indonesia // Livestock Research for Rural Development. 2022. Vol. 34, is. 12. P. 1–10.
9. Тихонов Е.А., Базыкин В.И., Муханов Н.С. Повышение надежности и ресурса пневматического распределителя для раздачи кормов в садки // Resources and Technology. 2020. Т. 17. № 1. С. 89–104. DOI: 10.15393/j2.art.2020.5202. EDN: UXWXCE.

10. Свешникова Е.В., Романова Е.М., Романов В.В., и др. Рыбоводно-биологические характеристики радужной форели при использовании поливалентной функциональной кормовой добавки «Правад» // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4 (68). С. 159–164. DOI: 10.18286/1816-4501-2024-4-159-164.
11. Баврина А.П., Борисов И.Б. Современные правила применения корреляционного анализа // Медицинский альманах. 2021. № 3 (68). С. 70–79.
12. Карманова Е.П., Макарова В.Е., Муравья Л.Н. Генетические параметры признаков отбора сельскохозяйственных животных. Петр заводск: ПетрГУ, 2003. 51 с.
13. Лемешко Б.Ю. Критерии проверки гипотез об однородности. Руководство по применению. М.: ИНФРА-М, 2021. 248 с. DOI: 10.12737/986695.
14. Щербаков Ю.С., Тышенко В.И. Анализ главных компонентов и сравнительная характеристика самок радужной форели трех разных пород // Вестник КрасГАУ. 2021. № 8 (173). С. 113–118. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-113-118. EDN: IQCXYF.
15. Чекун Е.П., Таразевич Е.В. Исследование эффекта гетерозиса у сеголетков межпородных реципрокных кроссов янтарной и радужной форели // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена “Знак почета” государственная академия ветеринарной медицины». 2020. Т. 56, № 3. С. 98–104. EDN: LFECXY.

References

1. Milyanchuk N, Kuchko Ya, Ilmast N. The impact of fish farming on the Tarasmozero Lake ecosystem, Onega Lake basin. In: *BIO Web of Conferences. Biologization*, 2024;118:02002. DOI: 10.1051/bioconf/20241180200. EDN: UPSDTO.
2. Shmeleva LA. Automation of business processes of aquaculture production. *Vestnik Altajskoj akademii ekonomiki i prava*. 2022;6(1):181-185. (In Russ.). DOI: 10.17513/vaael.2263.
3. Thornburg J. Feed the fish: A review of aquaculture feeders and their strategic implementation. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2025; 56(2):e70016. DOI: 10.1111/jwas.70016.
4. Jescovitch L, Ullman C, Rhodes M, et al. Effects of different feed management treatments on water quality for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*. 2017;00:1-6. DOI: 10.1111/are.13483.
5. Ullman C, Rhodes M, Hanson T, et al. Effects of Four Different Feeding Techniques on the Pond Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *World Aquaculture Society*. 2019;50(1):54-64. DOI: 10.1111/jwas. 12531.
6. Lu Zh, Li B, Xiaobing S, et al. Intelligent fish feeding based on machine vision: A review. *Biosystems Engineering*. 2023;231:133-164. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2023.05.010.
7. Thornburg J. Feed the fish: Are view of aquaculture feeders and their strategic implementation. *World Aquaculture Society*. 2025;56(2):e70016. DOI: 10.1111/jwas.70016THORNBURG.
8. Rahman M, Sumantri I. Evaluation of simple feeding technology on growth and feed efficiency of tilapia in cage aquaculture at South Kalimantan, Indonesia. *Livestock Research for Rural Development*. 2022;34(12):1-10.
9. Tihonov EA, Bazykin VI, Mukhanov NS. Improving the reliability and service life of the pneumatic distributor for distributing feed to cages. *Resources and Technology*. 2020;17(1):89-104. (In Russ.). DOI: 10.15393/j.art.2020.5202. EDN: UXWXCE.
10. Sveshnikova EV, Romanova EM, Romanov VV, et al. Fish-breeding and biological characteristics of rainbow trout when using “Правад” polyvalent functional feed additive. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2024;4(68):159-164. (In Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2024-4-159-164.
11. Bavrina AP, Borisov IB. Modern rules of the application of correlation analysis. *Medical Almanac*. 2021;3(68):70-79. (In Russ.).
12. Karmanova EP, Makarova V.E., Murav'ja LN. *Geneticheskie parametry priznakov otbora sel'skohozyaystvennyh zhivotnyh*. Petrozavodsk: PetrGU; 2003. 51 p. (In Russ).

13. Lemeshko BYu. *Kriterii proverki gipotez ob odnorodnosti. Rukovodstvo po primeneniju.* Moscow: INFRA-M; 2021. 248 p. (In Russ.). DOI: 10.12737/986695.
14. Shcherbakov YuS, Tyshchenko VI. Main components analysis and comparative characteristics of female rainbow trout of three different breeds. *Bulletin of KSAU.* 2021;8:113-118. (In Russ). DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-113-118. EDN: IQCXYF.
15. Chekun EP, Tarazovich EV. Research of heterosis effect in seglets of reciprocal crosses of amber and rainbow trout. *Uchjonye zapiski UO VGAVM.* 2020;56(3):98-104. (In Russ.).

Статья принята к публикации 26.08.2025 / The article accepted for publication 26.08.2025.

Информация об авторах:

Александр Николаевич Беляев, аспирант кафедры зоотехнии, рыбоводства, агрономии и землеустройства

Анна Юрьевна Волкова, заведующая кафедрой зоотехнии, рыбоводства, агрономии и землеустройства, кандидат биологических наук, доцент

Елена Александровна Клюкина, доцент кафедры теории вероятностей и анализа данных, кандидат технических наук, доцент

Information about the authors:

Alexander Nikolaevich Belyaev, Postgraduate student at the Department of Animal Husbandry, Fish Farming, Agronomy and Land Management at the Institute of Biology, Ecology and Agrotechnology

Anna Yur'evna Volkova, Head of the Department of Animal Husbandry, Fish Farming, Agronomy and Land Management at the Institute of Biology, Ecology and Agrotechnology, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Elena Aleksandrovna Klyukina, Associate Professor at the Department of Probability Theory and Data Analysis at the Institute of Mathematics and Information Technology, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

