

Сравнение технологических характеристик гибридного потомства *Clarias gariepinus* с родительскими особями

Анастасия А. Климук	1	klimukanastasia27@gmail.com	 0000-0002-1852-1045
Ольга Д. Сергазиева	1	ahiles-7575@mail.ru	 0000-0002-2122-1318
Андрей К. Пономарев	1	ponomarev77777777@gmail.com	 0009-0004-8944-4931
Сергей В. Бекетов	1	svbeketov@gmail.com	 0000-0001-7947-8688
Андрей Д. Ларкин	1	mr.somic.nax@ya.ru	 0009-0007-5464-517X
Ангелина П. Минаенко	1	lina111299@mail.ru	 0000-0001-7346-5376

¹ Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ), Земляной Вал, 73, Москва, 109004, Россия

Аннотация. Африканский сом популярен у отечественных рыбоводов за счет высокого выхода качественной товарной продукции и несъедобных частей рыбы, пригодных к переработке. В работе представлена сравнительная характеристика массового состава частей при разделке и морфометрических данных гибридного потомства африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* с родительскими линиями – породами михайловская и таманская, выращенных до товарной массы в условиях УЗВ. Также было проведено гистологическое сравнение мускулатурных тканей рыб опытных групп. Результаты гистологического анализа тканей позволили выявить существенное отличие площади мышечных волокон у самок (на 27,1%) по сравнению с самцами *Clarias gariepinus*. Показано, что гибридное потомство обладает повышенной скоростью роста (достижение товарной массы 1200 г за 10 мес. выращивания) по сравнению с родительскими линиями (масса 1100 г за 15 мес. выращивания). Выявлено, что гибридные самки значительно упитаннее по сравнению с михайловскими и таманскими особями. При сравнении технологических показателей рыб не было выявлено существенных отличий между группами на этапе переработки. Для дальнейшей интенсификации тепловодной аквакультуры России перспективным решением является межпородная гибридизация африканских сомов. Проведенные исследования показали, что гибридное потомство значительно превосходит родительские линии в скорости роста, при этом не уступая как в массе, длине, так и в выходе съедобной части рыбы (тушка, филе и др.). Поэтому, перспективным направлением в аквакультуре и переработке африканских сомов является межпородная гибридизация, показывающая успешные результаты.

Ключевые слова: африканский сом, выход филе, морфометрия, гибриды, технологические характеристики.

Comparison of technological characteristics of *Clarias gariepinus* hybrid progress with the parental individuals

Anastasia A. Klimuk	1	klimukanastasia27@gmail.com	 0000-0002-1852-1045
Olga D. Sergazieva	1	ahiles-7575@mail.ru	 0000-0002-2122-1318
Andrey K. Ponomarev	1	ponomarev77777777@gmail.com	 0009-0004-8944-4931
Sergey V. Beketov	1	svbeketov@gmail.com	 0000-0001-7947-8688
Andrey D. Larkin	1	mr.somic.nax@ya.ru	 0009-0007-5464-517X
Angelina P. Minaenko	1	lina111299@mail.ru	 0000-0001-7346-5376

¹ Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (PKU), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia

Abstract. African catfish is popular among domestic fish farmers due to the high yield of high-quality commercial products and inedible parts of the fish suitable for processing. The paper presents a comparative characteristic of the mass composition of parts during cutting and morphometric data of the hybrid offspring of the African clariid catfish *Clarias gariepinus* with parental lines - Mikhailovskaya and Tamanskaya breeds, grown to marketable weight in RAS conditions. A histological comparison of muscle tissues of fish in the experimental groups was also carried out. The results of the histological analysis of the tissues revealed a significant difference in the area of muscle fibers in females (by 27.1%) compared to males *Clarias gariepinus*. It is shown that the hybrid offspring have an increased growth rate (achieving a marketable weight of 1200 g in 10 months of cultivation) compared to the parental lines (weight 1100 g in 15 months of cultivation). It was found that hybrid females are significantly fatter compared to Mikhailovsky and Taman individuals. When comparing the technological indicators of fish, no significant differences were found between the groups at the processing stage. For further intensification of warm-water aquaculture in Russia, interbreeding hybridization of African catfish is a promising solution. The studies have shown that hybrid offspring significantly exceed parental lines in growth rate, while not inferior in weight, length, or in the yield of edible parts of the fish (carcass, fillet, etc.). Therefore, interbreeding hybridization, which shows successful results, is a promising direction in aquaculture and processing of African catfish.

Keywords: african catfish, fillet yield, morphometry, hybrids, technological characteristics.

Для цитирования

Климук А.А., Сергазиева О.Д., Пономарев А.К., Бекетов С.В., Ларкин А.Д., Минаенко А.П. Сравнение технологических характеристик гибридного потомства *Clarias gariepinus* с родительскими особями // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 86. № 2. С. 199–206. doi:10.20914/2310-1202-2023-2-199-206

For citation

Klimuk A.A., Sergazieva O.D., Ponomarev A.K., Beketov S.V., Larkin A.D., Minaenko A.P. Comparison of technological characteristics of *Clarias gariepinus* hybrid progress with the parental individuals. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2023. vol. 86. no. 2. pp. 199–206. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2023-2-199-206

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Африканский клариевый сом (*Clarias gariepinus*) за последние годы набирает популярность в системе отечественной пресноводной аквакультуры за счет высокой рыбопродуктивности (25–40 ц/га) [1]. Немаловажным качеством клариевого сома также является его неприхотливость к условиям содержания, что позволяет культивировать сома при высокой плотности посадки (до 200–350 кг м⁻³) в системах установок замкнутого водоснабжения по всей территории России. Заинтересованность рыбоводов к новому объекту выращивания также продиктовано высокой питательной ценностью филейного мяса *C. gariepinus*, содержание белков и жиров в котором составляет 18 и 3,45% от сырого веса соответственно [2]. Основными жирными кислотами в мышцах клариевых сомов являются пальмитиновая (> 23%) и олеиновая (> 28%) [3]. Также мясо африканского сома богато макро- (N > Ca > P > K > S > Na > Mg) и микроэлементами (Fe > Zn > Mn > Cu > Cr > Se > Mo > Co) [4].

В аквакультуре успешно развивается направление гибридизации с целью выведения новых пород и гибридных форм с усовершенствованными показателями. Данное направление решает несколько задач. Во-первых, получают новый гибрид потомства, который сочетает в себе высокую жизнестойкость, хороший темп роста, а во-вторых, это возможность получить товарную продукцию с улучшенными размерно-массовыми характеристиками (выход филе, тушки, порки и пр.). Для обеспечения стабильного выхода товарной рыбной продукции необходимо получить гибриды, превосходящих родительскую линию по ряду технологических параметров [5].

В «Центре Аквакультуры» МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ) было получено межпородное гибридное потомство клариевого сома (*Clarias gariepinus*) от пород михайловская (пат. № 9064) и таманская (пат. № 10639) [6]. Породы, используемые в селекционно-племенной работе, соответствовали искомому критерию: михайловская характеризуется наибольшим выходом товарной продукции для переработки [7], таманская отличается высокой жизнестойкостью и устойчивостью к нехарактерным термальным режимам выращивания.

Анализ экстерьерных и технологических показателей рыб проводятся для подтверждения селекционных достижений, для регистрации новых видов, выявления полезных признаков на этапе гибридизации [8]. При оценке технологических характеристик рыбы на этапе переработки, основное внимание обычно уделяется

процентному соотношению выхода съедобных и несъедобных частей, при этом немаловажными параметрами для оценки является гистоморфологическая структура мышц, изучение которой позволит выявить количественные параметры белой мускулатуры, а именно величину плотности мышечных волокон и их диаметр, для определения степени качества рыбного мяса [9].

Цель работы – сравнение ряда технологических параметров гибрида африканского сома (михайловская ♀×♂ таманская) с родительскими линиями.

Материалы и методы

Получение гибридного потомства. Производители клариевого сома *Clarias gariepinus* породных групп михайловская (пат. № 9064) и таманская (пат. № 10639) массой от 900 до 3200 г. были отобраны из маточных стад в соответствующих рыбоводных хозяйствах. Методические подходы по подготовке родительских особей к нересту, а также выращивание личинок и молоди были описаны нами ранее и представлены в работе [6].

Содержание рыб в УЗВ. Исследования проводились на гибридном потомстве африканского клариевого сома (михайловская ♀×♂ таманская; возраст 10 мес. (группа «Гибриды») и родительских линий пород михайловская (возраст 1,5 года (группа «Михайловская») и таманская (возраст 1,5 года (группа «Таманская»). Соотношение самок и самцов в группах составляло 50:50%. Рыб содержали в изолированных рыбоводных бассейнах УЗВ 140×110×90 см (1 м³) в «Центре Аквакультуры» МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ). Гидрохимические параметры водной среды во время содержания контролировались ежедневно и составили в среднем: pH 7,0–7,5, t = 26–28 °C, L:D 12:12, растворенный кислород – 5,16 мг/л, нитриты – 13,6 мг/л, нитраты – 0,017 мг/л, фосфаты – 0,38 мг/л, железо общее – 0,03 мг/л. Плотность посадки в рыбоводных бассейнах каждой опытной группы составляла 0,05 кг/м³ (50 особей).

Кормление производилось в соответствии с нормативными таблицами с применением экструдированного комбикорма для сомов марки GROWER-13 EF (4,5 мм).

Измерение технологических параметров рыб. Сравнение технологических характеристик проводили на средней пробе (10% от общего количества рыб) из каждой опытной группы согласно ГОСТ 31339–2006 [10]. Проводили измерение массы и линейного роста особей и вычисляли рыбоводно-биологические показатели согласно общепринятым методам [11]. Выход съедобных и несъедобных частей определяли по ГОСТ 7631–2008.

Гистологическая структура мышечной ткани рыб. Для получения гистологических срезов из контрольной и опытной групп отбирали по 4 особи. Рыбу умерщвляли в растворе MS-222 (10 мг/л). производили отбор образцов мышечной ткани размером 5×5×10 мм из каждой особи. Ткань фиксировали в 4% растворе нейтрального формалина в течение 24 ч [13]. Затем образцы тканей обезвоживали в серии градуированных спиртов и заливали в парафин. Изготовление тотальных серийных срезов проводили на микротоме Minux S700A (4 мкм), которые затем окрашивали гематоксилином и эозином (H&E) в соответствии с методикой [14]. Гистологические препараты просматривали под световым микроскопом Olympus BX53 (Olympus Corporation, Япония) с цифровой камерой Carl Zeiss ERc 5s (Zeiss, Германия) и программным обеспечением ZEN lite (Zeiss, Германия). Для анализа полученных микрофотографий использовали программу ImageJ (National Institutes of Health, USA). Проводили измерение параметров мышечных волокон, а именно длину, ширину и площадь миомеров, и расстояние между ними (миосепты). Для каждого образца готовили и анализировали 3 предметных стекла (n = 24). На каждом предметном стекле измеряли не менее 150 мышечных волокон и 100 миосепт, руководствуясь методикой [5].

Статистическую обработку рыбоводно-биологических показателей и технологических параметров проводили с использованием двух непараметрических тестов: критерия Краскела–Уоллиса и post-hoc теста Данна. Обработку гистологических результатов осуществляли с использованием параметрического post-hoc теста Тьюки. Данные представлены в виде среднего значения ± стандартное отклонение. Все анализы были выполнены в программе

GraphPad Prism version 9.0 software (GraphPad, San Diego, CA, USA).

Результаты

По результатам измерения экстерьерных показателей сомов, абсолютная и промысловая длина рыб не имела существенных отличий между опытными группами. Пол рыб также не оказывал влияния на эти показатели. Средняя абсолютная длина клариевых сомов составила 63,7 см, промысловая – 55,5 см (таблица 1). После этапа разделки, длина тушки у самок михайловской породы составляла 43,5 см, сравнительно не отличаясь от длины тушек таманской породы, но достоверно выше показателей михайловских самцов 1,13 раз, и превосходила длину тушки гибридных самок и самцов в 1,18 и 1,14 раз соответственно ($p < 0,05$). Анализ морфометрических показателей рыб показал, что самки гибридного потомства отличаются упитанностью по отношению к гибридным самцам (согласно коэффициенту упитанности – на 6.5%) и значительно превосходит особей родительской линии: михайловских самок в 1,4, самцов в 1,6 раз, и таманских самок в 1,5, и самцов в 1,9 раз, соответственно. Толщина тела гибридных самок также незначительно отличается от толщины тела самцов этой группы на 15,2%. Аналогично результатам упитанности, самки гибридной группы значительно превосходят параметры толщины тела михайловской породы – в 1,08 и 1,2 раз и таманской – в 1,15 от самок и самцов соответственно ($p < 0,05$). Необходимо отметить, что гибридные самцы не имели достоверных отличий между группами по показателям толщины тела и коэффициента упитанности. Размерно-массовые параметры самок и самцов опытных групп представлены в таблице 2.

Таблица 1.
Сравнение морфометрических показателей гибридной группы и родительских линий сомов

Table 1.
Comparison of morphometric parameters of the hybrid group and parental lines of catfish

Показатель Index	Гибриды Hybrids		Михайловская Mikhailovskaya		Таманская Tamanskaya	
	Самки Females	Самцы Male	Самки Females	Самцы Male	Самки Females	Самцы Male
Длина абсолютная, см Absolute length, cm	57,7±3,3	63,0±1,9	66,5±3,8	62,9±5,9	63,6±2,6	68,9±4,3
Длина промысловая, см Commercial length, cm	51,2±2,3	55,4±2,2	56,2±3,2	53,1±5,0	56,2±2,6	60,9±4,0
Длина тушки, см Carcass length, cm	36,8±1,5 ^b	38,0±5,3 ^b	43,5±2,5 ^a	38,4±5,2 ^b	37,0±2,1 ^{ab}	40,3±1,2 ^a
Высота тела, см Body height, cm	8,3±0,7	9,1±0,5	9,3±0,6	8,5±1,1	9,1±1,2	9,5±0,7
Толщина тела, см Body thickness, cm	28,8±0,4 ^a	25,0±2,3 ^{ab}	26,5±0,5 ^b	24,0±0,8 ^b	25,8±1,5 ^b	25,0±1,4 ^b
Коэффициент упитанности по Фултону Fulton's fatness factor	1,23±0,21 ^a	1,15±0,16 ^{ab}	0,89±0,12 ^b	0,77±0,17 ^b	0,84±0,17 ^b	0,63±0,08 ^b

Примечание. a, b – обозначение достоверного отличия между группами при $p < 0,05$ согласно post-hoc тесту Данна
Note: a, b – d designation of a reliable difference between groups at $p < 0.05$ according to Dunn's post-hoc test

Таблица 2.

Результаты измерения технологических параметров самок и самцов опытных групп

Table 2.

Results of measuring technological parameters of females and males of experimental groups

Опытная группа Experimental group	Масса рыбы, г Fish weight, g	Масса, г Weight, g	Выход, % Yield, %	Масса, г Weight, g	Выход, % Yield, %	Масса, г Weight, g	Выход, % Yield, %	Масса, г Weight, g	Выход, % Yield, %
		Порка		Голова		Тушка		Филе	
Гибриды, самки Hybrids, females	1696,4 ±459,9	1043,6 ±211,6	63,0 ±12,7	376,7 ±82,9	23,0 ±4,2	700,0 ±212,0	41,0 ±8,5	448,0 ±95,0	27,0 ±6,3 ^a
Гибриды самцы Hybrids males	1945,2 ±260,7	1270,6 ±190,5	65,0 ±1,9	444,8 ±45,9	23,0 ±1,3	825,8 ±148,4	42,0 ±2,3	571,6 ±116,6	29,0 ±2,8 ^a
Михайловские самки Mikhailovskaya females	1914,2 ±395,9	1113,3 ±252,3	61,0 ±12,4	350,0 ±63,2	20,0 ±6,6	763,3 ±214,6	42,0 ±7,8	494,3 ±200,0	26,0 ±4,8 ^a
Михайловские самцы Mikhailovskie males	1440,0 ±71,2	750,0 ±57,7	52,0 ±1,6	300 ±70,7	21,0 ±4,1	450,0 ±40,8	31,0 ±3,1	230,0 ±48,9	16,0 ±3,2 ^b
Таманские самки Taman females	1492,0 ±319,3	1035,5 ±366,8	59,0 ±9,4	292,2 ±62,5	20,0 ±4,4	651,8 ±286,0	42,0 ±9,4	360,5 ±77,1	24,3 ±6,2 ^a
Таманские самцы Taman males	1454,6 ±333,7	1024,3 ±374,5	52,0 ±1,1	284,9 ±77,5	20,0 ±6,2	689,9 ±284,9	46,0 ±1,1	351,5 ±95,6	23,1 ±4,4 ^a

Примечание. a, b – обозначение достоверного отличия между группами при $p < 0,05$ согласно post-hoc тесту ДаннаNote: a, b – designation of a reliable difference between groups at $p < 0.05$ according to Dunn's post-hoc test

Согласно полученным технологическим данным, конечная масса самок и самцов в опытных группах за 10 мес. выращивания в УЗВ составила не менее 1100 г, но достоверных различий между опытными группами не наблюдалось. При этом стоит отметить, что возраст гибридного потомства был существенно меньше михайловской и таманской группы (на 5 мес.). Масса рыб после потрошения (порка) также не имела существенных отличий между опытными группами, но процентный выход у гибридных самцов был несколько выше, чем у михайловских и таманских самцов – на 13,0% при 65,0 и 52,0% соответственно. Полученная масса порки у гибридных, михайловских и таманских самок практически не имела отличий (выход% – 63; 61 и 59%, соответственно). Масса голов в группах гибридов и родительских линий не отличалась и состояла в среднем 370 г. Процентный выход тушки рыб у гибридного потомства был не менее 40% (от массы целой рыбы) у самок и самцов, что наблюдалось и в группе таманских особей и самок михайловской породы. При этом михайловские самцы имели заметно меньшую массу тушки (выход% – 31,0%). Конечный выход филе у самок гибридного потомства и михайловской породы не имел существенных различий (27,0 и 26,0% соответственно). То же наблюдалось и в конечном

выходе филе у таманской группы. При этом существенное различие наблюдалось в процентном выходе филе у гибридных самцов – в 1,8 раз выше ($p < 0,05$) по сравнению с самцами михайловской породы.

Качественный анализ филе показал, что структура мяса гибридных сомов и родительских линий обладают нормальной текстурой волокон, плотной консистенцией и цветом, характерным для данного вида. Полученное филе сомов без кожи представлено на рисунке 1.

Результаты гистоморфологических измерений мускулатурных тканей представлены в таблице 3. Мышечные волокна и миоцеллы всех исследуемых групп характеризовались нормальной структурой без патологий (рисунок 2).

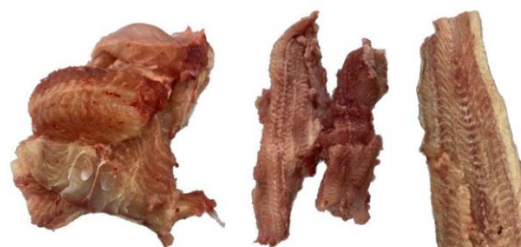


Рисунок 1. Внешний вид филе без кожи: (а) – гибриды; (б) – михайловская; (в) – таманская порода

Figure 1. Appearance of skinless fillet: (a) – hybrids; (b) – Mikhailovskaya; (c) – Tamanskaya breed

Таблица 3.

Результаты гистологического анализа мышц опытных групп африканского сома

Table 3.

Results of histological analysis of muscles of experimental groups of African catfish

Опытные группы Experimental group	Параметры мышечной ткани, мкм Muscle tissue parameters, μm			
	Длина Length	Ширина Width	Площадь Area	Ширина миоцеллы Width of myosepta
Гибриды, самки Hybrids, females	70,8 ± 19,7	42,7 ± 13,8	2469,7 ± 192,7 ^b	7,64 ± 3,12
Гибриды самцы Hybrids males	50,4 ± 22,6	30,4 ± 5,5	1528,5 ± 100,4 ^c	6,23 ± 3,2
Михайловские самки Mikhailovskaya females	75,2 ± 8,4	46,7 ± 6,4	2759,0 ± 361,9 ^b	9,83 ± 4,5
Михайловские самцы Mikhailovskie males	59,1 ± 20,1	34,9 ± 10,8	1446,0 ± 112,7 ^c	8,82 ± 4,75
Таманские самки Taman females	74,1 ± 23,8	54,3 ± 29,7	3866,2 ± 220,0 ^a	7,07 ± 4,8
Таманские самцы Taman males	51,1 ± 16,0	35,2 ± 13,7	2127,6 ± 151,0 ^c	8,64 ± 4,5

Примечание. a, b, c – обозначение достоверного отличия между группами при $p < 0,05$ согласно post-hoc тесту ТьюкиNote: a, b, c – designation of significant difference between groups at $p < 0.05$ according to Tukey's post-hoc test

Волокна располагались равномерно, плотными параллельными пучками с поперечными прослойками соединительной ткани. Микрометрический анализ показал, что площадь мышечных волокон была достоверно больше у самок во всех опытных группах по сравнению с самцами. При этом площадь поперечного сечения миомеров гибридных и михайловских самок достоверных различий не имела, но у самок таманской группы отличалась от них в 1,5 раза. В целом, мышечные волокна самок сомов обладали на 27,1% большей площадью поперечного сечения. Достоверных отличий ширины соединительной ткани (миосепты) между группами выявлено не было.

Обсуждение

На этапах интенсификации производства рыбной продукции, а именно при постоянстве скрещивания ремонтных особей чистых линий, полезные характеристики в полученном потомстве могут утрачиваться, что проявляется в возникновении инбредной депрессии. Для предотвращения негативных последствий инбридинга,

необходимо получение помесных форм от разных стад-репродукторов и проведение межпомесных скрещиваний.

Хорошо известно, что африканский сом популярен у отечественных рыбоводов за счет высокого выхода качественной товарной продукции (в т. ч. филе с высоким содержанием белка и моно- и полинасыщенных жирных кислот) и несъедобных частей рыбы, пригодных к переработке. По результатам полученных морфометрических данных, гибридный клариевый сом за непродолжительный срок выращивания достиг массы родительских особей – михайловской и таманской. Неравномерный рост рыб прослеживался у самок михайловской и самцов таманской породы, что сопровождалось увеличением длины непропорционально их массе, что подтверждается и результатами коэффициента упитанности (0,89 и 0,63, соответственно). С другой стороны, равномерный рост наблюдался у самок гибридной группы, в которой было сохранено равенство размеров рыб, следовательно их длина и масса были пропорциональны – коэффициент упитанности 1,23 [15].

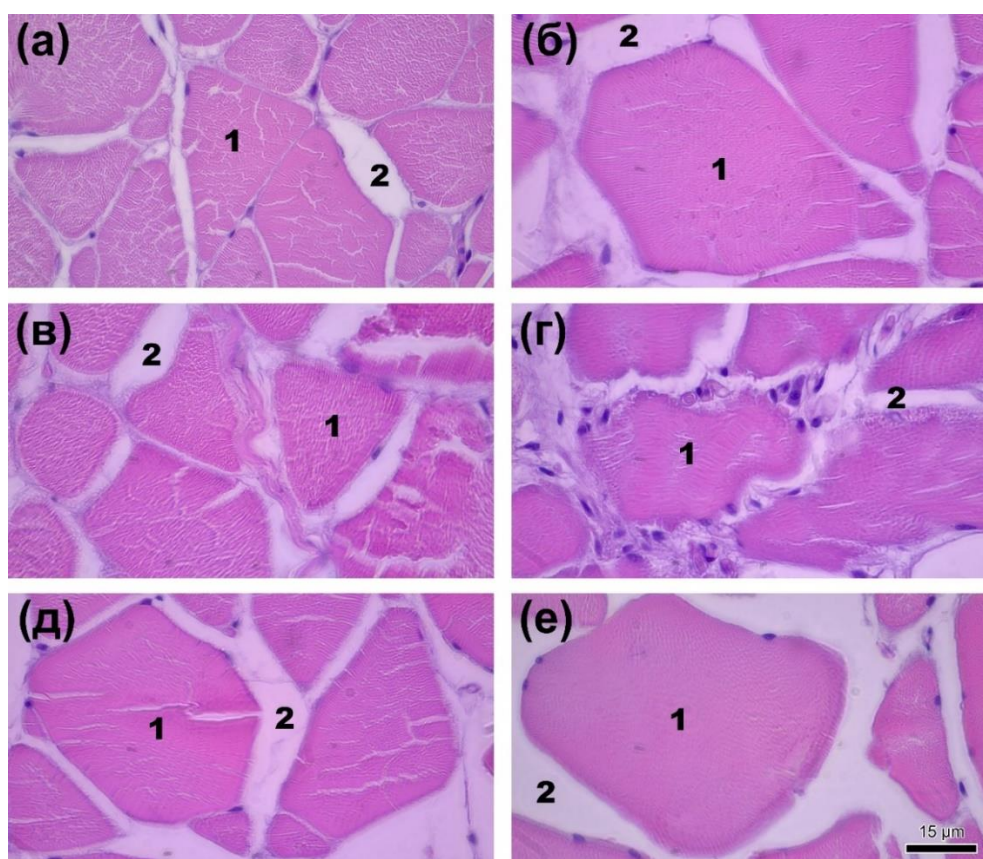


Рисунок 2. Гистологическая структура мышечной ткани сомов: 1 – миомеры, 2 – миосепты; а – самцы группы гибриды, б – самки группы гибриды; в-самцы михайловской породы, г – самки михайловской породы; д – самцы таманской породы, е – самки таманской породы. Масштаб 15 мкм., (ув.×100)

Figure 2. Histological structure of muscle tissue of catfish: 1 – myomeres, 2 – myosepts; a – males of the hybrid group, b – females of the hybrid group; c – males of the Mikhailovskaya breed, g – females of the Mikhailovskaya breed; d – males of the Taman breed, e – females of the Taman breed. Scale 15 μ m, ($\times 100$ mag)

Соотношение длины и массы является показателем упитанности и общего благополучия рыб в различных экосистемах (Икаре, Solomon 2018; Okomoda et al. 2018). Хорошо известно, что соотношение длины и массы различается у рыб одного и того же вида, поскольку на него влияют пол, время года, фазы роста, содержимое желудка, развитие гонад, состояние здоровья и т. д. [15].

Исследование показало, что изучаемые группы рыб достоверно не различались по конечной массе тела, тушки и филе, за исключением михайловских самцов, у которых процентный выход филе был достоверно ниже. По данным работы [16], конечный выход филе у *C. gariepinus* имеет высокую положительную и корреляцию с биометрическими переменными (масса и длина рыб), что означает постоянство процентного выхода филе вне зависимости от их возраста. Исходя из этого, полученные нами гибриды сомов характеризовались идентичным выходом съедобных частей за сокращенный период выращивания в сравнении с родительскими линиями, что значительно снижает затраты на содержание сомов в условиях УЗВ.

Анализ гистологических параметров мышц позволил выявить некоторые различия между мускулатурными волокнами самок и самцов *C. gariepinus*. Так, увеличенной площадью поперечного сечения характеризуются все исследованные самки, вне зависимости от породы. Это подтверждается и результатами [5], где площадь мышечных волокон самок на 23% превосходили площадь поперечного сечения волокон у самцов *Clarias gariepinus*. Известно, что чем меньше размер мышечных волокон, тем тверже мышечная структура, следовательно, текстура мяса самцов обладает более твердой консистенцией, в отличие от самок. Поэтому, для получения нежного рыбного филе можно рекомендовать использовать для переработки самок африканских сомов. В целом, гистоморфометрическое исследование не выявило патологий в мышечных тканях как гибридов, так и у михайловской и таманской породы.

Заключение

Гибридное потомство (михайловская ♀×♂ таманская) обладает высокой скоростью роста – за 10 месяцев выращивания особи достигли массы не менее 1200 г, по сравнению с михайловской и таманской группами, в которых сомы достигли средней массы 1100 г за период 15 мес. Гибридные самки превосходят самок и самцов михайловской и таманской групп по морфометрическим показателям: по коэффициенту упитанности в 1,4–1,9 раз и по толщине тела в 1,08–1,2 раза. Конечный выход порки, головы, тушки и филе у таманских, михайловских самок и гибридных рыб не имели существенных отличий. Самцы михайловской породы характеризовались достоверно меньшим выходом филе. Результаты гистологического анализа тканей позволили выявить существенное отличие площади мышечных волокон у самок (на 27,1%) по сравнению с самцами *Clarias gariepinus*. Проведенные исследования показали, что гибридное потомство значительно превосходит родительские линии в скорости роста, при этом не уступая как в массе, длине, так и в выходе съедобной части рыбы (тушка, филе и др.). Поэтому, перспективным направлением в аквакультуре и переработке африканских сомов является межпородная гибридизация, показывающая успешные результаты.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение о предоставлении из федерального бюджета субсидии на развитие кооперации российской образовательной организации высшего образования и организации реального сектора экономики в целях реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства № 075-11-2022-004 от 6 апреля 2022 г.).

Литература

- 1 Власов В.А., Завьялов А.П., Есавкин Ю.И. Воспроизводство и выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в установках с замкнутым водообеспечением (УЗВ) // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2012. № 7. С. 26.
- 2 Gebremichael A., Szabó A., Sándor Z.J., Nagy Z. et al. Chemical and physical properties of African Catfish (*Clarias gariepinus*) fillet following prolonged feeding with insect meal-based diets // Aquaculture Nutrition. 2023. V. 2023.
- 3 Hoffman L.C., Prinsloo J.F., Theron J., Casey N.H. A chemical comparison between the golden and normal coloured strains of the African sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) // Journal of Applied Ichthyology. 1995. № 11(1-2). P. 71–85.
- 4 Strauch S.M., Wenzel L.C., Bischoff A., Dellwig O. et al. Commercial African Catfish (*Clarias gariepinus*) Recirculating Aquaculture Systems: Assessment of Element and Energy Pathways with Special Focus on the Phosphorus Cycle // Sustainability. 2018. № 10. P. 1805.
- 5 Sobczak M., Panicz R., Sadowski J., Półgęsek M. et al. Does Production of *Clarias gariepinus* × *Heterobranchius longifilis* Hybrids Influence Quality Attributes of Fillets? // Foods. 2022. V. 11. № 14. P. 2074.
- 6 Климук А.А., Пономарев А.К., Калита Т.Л., Никифоров-Никишин А.Л. Опыт выращивания гибридов первого поколения африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) при пониженных температурных режимах // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2024. № 1. С. 20–28.

- 7 Филенко В.А., Пономарев А.К., Горматин В.И., Овчинникова Т.М. Морфологические признаки африканского клариевого сома *Clarias gariepinus* (Burchell) породы «Михайловская» // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. №. 3. С. 53–72.
- 8 Катасонов В.Я., Черфас Н.Б. Селекция и племенное дело в рыбоводстве. М.: Агропромиздат, 1986. Т. 182.
- 9 Золотова А.В., Панов В.П., Есавкин Ю.И., Просекова Е.А. Рост и анатомо-гистологическая характеристика осевой мускулатуры африканского сома *Clarias gariepinus* (Burchell) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. №. 5. С. 81–93.
- 10 ГОСТ 31339–2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приёмки и методы отбора проб. М.: Стандартинформ, 2007. 16 с.
- 11 Купинский С.Б. Продуктивные возможности объектов аквакультуры. Астрахань: Изд-во ДФ ФГОУ ВПО "АГТУ", 2007.
- 12 ГОСТ 7631–2008. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. М.: Стандартинформ, 2010. 24 с.
- 13 Gramm S.Y., Beketov S.V., Kochetkov N.I., Klimov V.A. Histological changes in the liver, intestines and kidneys of *Clarias gariepinus* when using feed with chelated compounds // International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. V. 12. №. 3.
- 14 Suvama K.S., Layton C., Bancroft J.D. Bancroft's theory and practice of histological techniques // Elsevier health sciences. 2018.
- 15 Olufegba S.O., Okomoda V.T., Shuib G. Embryogenesis and early growth of pure strains and hybrids of Sharptooth Catfish *Clarias gariepinus* and Sampa *Heterobranchus longifilis* // North American journal of aquaculture. 2016. V. 78. №. 4. P. 346–355.
- 16 Tosin O.V., Gabriel S.S., Wukata S.S., Simon I. et al. Fillet Yield and Length-Weight Relationship of Five Fish Species From Lower Benue River, Makurdi, Nigeria // Tropical Life Sciences Research. 2021. V. 32. №. 1. P. 163.
- 17 Marimuthu K. A short review on induced spawning and seed production of African Catfish *Clarias gariepinus* in Malaysia // IOP conference series: earth and environmental science. 2019. V. 348. №. 1. P. 012134. doi: 10.1088/1755-1315/348/1/012134
- 18 Tilahun G., Dube K., Chtruvedi C.S., Kumar B. Assessment of reproductive performance, growth and survival of hybrids of African catfish (*Clarias gariepinus*) and Indian catfish (*Clarias batrachus*) compared to their parental lines crosses // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2016. V. 16. №. 1. P. 123-133.
- 19 Romanova E.M., Romanov V.V., Lyubomirova V.N., Shadieva L.A. et al. Increase in nonspecific resistance of catfish (*Clarias gariepinus*) in industrial aquaculture // BIO Web of Conferences. 2020. V. 17. P. 00122.
- 20 Sarkar S., Bhattacharya D., Juin S.K., Nath P. et al. Biological properties of Indian walking catfish (*Clarias batrachus*)(L.) gonadotropins in female reproduction // Fish physiology and biochemistry. 2014. V. 40. P. 1849-1861.

References

- 1 Vlasov V.A., Zavyalov A.P., Esavkin Yu.I. Reproduction and cultivation of sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) in recirculating aquaculture systems (RAS). Fish farming and fish industry. 2012. no. 7. pp. 26. (in Russian).
- 2 Gebremichael A., Szabó A., Sándor Z.J., Nagy Z. et al. Chemical and physical properties of African Catfish (*Clarias gariepinus*) fillet following prolonged feeding with insect meal-based diets. Aquaculture Nutrition. 2023. vol. 2023.
- 3 Hoffman L.C., Prinsloo J.F., Theron J., Casey N.H. A chemical comparison between the golden and normal coloured strains of the African sharptooth catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Journal of Applied Ichthyology. 1995. no. 11(1-2). pp. 71–85.
- 4 Strauch S.M., Wenzel L.C., Bischoff A., Dellwig O. et al. Commercial African Catfish (*Clarias gariepinus*) Recirculating Aquaculture Systems: Assessment of Element and Energy Pathways with Special Focus on the Phosphorus Cycle. Sustainability. 2018. no. 10. pp. 1805.
- 5 Sobczak M., Panicz R., Sadowski J., Półgęsek M. et al. Does Production of *Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis* Hybrids Influence Quality Attributes of Fillets? Foods. 2022. vol. 11. no. 14. pp. 2074.
- 6 Klimuk A.A., Ponomarev A.K., Kalita T.L., Nikiforov-Nikishin A.L. Experience of growing first-generation hybrids of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) at low temperatures. Bulletin of the Kerch State Marine Technological University. 2024. no. 1. pp. 20–28. (in Russian).
- 7 Filenko V.A., Ponomarev A.K., Gormatin V.I., Ovchinnikova T.M. Morphological features of the African sharptooth catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) of the Mikhailovskaya breed. Bulletin of the Kerch State Marine Technological University. 2022. no. 3. pp. 53–72. (in Russian).
- 8 Katasonov V.Ya., Cherfas N.B. Selection and breeding in fish farming. Moscow, Agropromizdat, 1986. vol. 182. (in Russian).
- 9 Zolotova A.V., Panov V.P., Esavkin Yu.I., Prosekova E.A. Growth and anatomical and histological characteristics of the axial muscles of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell). Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy. 2015. no. 5. pp. 81–93. (in Russian).
- 10 GOST 31339–2006. Fish, non-fish objects and products from them. Acceptance rules and sampling methods. Moscow, Standartinform, 2007. 16 p. (in Russian).
- 11 Kupinsky SB Productive capabilities of aquaculture objects. Astrakhan, Publishing House of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Astrakhan State Technical University", 2007. (in Russian).
- 12 GOST 7631–2008. Fish, non-fish objects and products made from them. Methods for determining organoleptic and physical indicators. Moscow, Standartinform, 2010. 24 p. (in Russian).
- 13 Gramm S.Y., Beketov S.V., Kochetkov N.I., Klimov V.A. Histological changes in the liver, intestines and kidneys of *Clarias gariepinus* when using feed with chelated compounds. International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. vol. 12. no. 3.
- 14 Suvama K.S., Layton C., Bancroft J.D. Bancroft's theory and practice of histological techniques. Elsevier health sciences. 2018.

- 15 Olufeagba S.O., Okomoda V.T., Shuib G. Embryogenesis and early growth of pure strains and hybrids of Sharptooth Catfish *Clarias gariepinus* and Sampa *Heterobranchius longifilis*. North American journal of aquaculture. 2016. vol. 78. no. 4. pp. 346–355.
- 16 Tosin O.V., Gabriel S.S., Wukatda S.S., Simon I. et al. Fillet Yield and Length-Weight Relationship of Five Fish Species From Lower Benue River, Makurdi, Nigeria. Tropical Life Sciences Research. 2021. vol. 32. no. 1. pp. 163.
- 17 Marimuthu K. A short review on induced spawning and seed production of African Catfish *Clarias gariepinus* in Malaysia. IOP conference series: earth and environmental science. 2019. vol. 348. no. 1. pp. 012134. doi: 10.1088/1755-1315/348/1/012134
- 18 Tilahun G., Dube K., Chtruvedi C.S., Kumar B. Assessment of reproductive performance, growth and survival of hybrids of African catfish (*Clarias gariepinus*) and Indian catfish (*Clarias batrachus*) compared to their parental lines crosses. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2016. vol. 16. no. 1. pp. 123-133.
- 19 Romanova E.M., Romanov V.V., Lyubomirova V.N., Shadieva L.A. et al. Increase in nonspecific resistance of catfish (*Clarias gariepinus*) in industrial aquaculture. BIO Web of Conferences. 2020. vol. 17. pp. 00122.
- 20 Sarkar S., Bhattacharya D., Juin S.K., Nath P. et al. Biological properties of Indian walking catfish (*Clarias batrachus*)(L.) gonadotropins in female reproduction. Fish physiology and biochemistry. 2014. vol. 40. pp. 1849-1861.

Сведения об авторах

Анастасия А. Климук аспирант, факультет Биотехнологий и рыбного хозяйства, Московский государственный университет технологий и управления им К. Г. Разумовского (первый казачий университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, klimukanastasia27@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1852-1045>

Ольга Д. Сергазиева к.с.-х.н., доцент, кафедра ихтиологии и рыбоводства, Московский государственный университет технологий и управления им К. Г. Разумовского (первый казачий университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, ahiles-7575@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2122-1318>

Андрей К. Пономарев к.б.н., доцент, кафедра ихтиологии и рыбоводства, Московский государственный университет технологий и управления им К. Г. Разумовского (первый казачий университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, ponomarev77777777@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0004-8944-4931>

Сергей В. Бекетов д.б.н., профессор, кафедра экологии и природопользования, Московский государственный университет технологий и управления им К. Г. Разумовского (первый казачий университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, svbeketov@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7947-8688>

Андрей Д. Ларкин магистр, кафедра ихтиологии и рыбоводства, Московский государственный университет технологий и управления им К.Г. Разумовского (первый казачий университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, mr.somic.nax@ya.ru

 <https://orcid.org/0009-0007-5464-517X>

Ангелина П. Минаенко м.н.с., центр аквакультуры, Московский государственный университет технологий и управления им К. Г. Разумовского (первый казачий университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, lina111299@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7346-5376>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Anastasia A. Klimuk graduate student, biotechnology and fisheries faculty, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First cossack university), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, klimukanastasia27@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-1852-1045>

Olga D. Sergazieva Cand. Sci. (Agric.), associate professor, ichthyology and fishery department, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First cossack university), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, ahiles-7575@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2122-1318>

Andrey K. Ponomarev Cand. Sci. (Biol.), associate professor, ichthyology and fishery department, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First cossack university), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, ponomarev77777777@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0004-8944-4931>

Sergey V. Beketov Dr. Sci. (Biol.), professor, ecology and environmental management department, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First cossack university), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, svbeketov@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-7947-8688>

Andrey D. Larkin master student, ichthyology and fishery department, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First cossack university), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, mr.somic.nax@ya.ru

 <https://orcid.org/0009-0007-5464-517X>

Angelina P. Minaenko junior researcher, aquaculture center, Moscow State University of Technology and Management named after K. G. Razumovsky (First cossack university), st. Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, lina111299@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7346-5376>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 30/04/2024	После редакции 17/05/2024	Принята в печать 03/06/2024
Received 30/04/2024	Accepted in revised 17/05/2024	Accepted 03/06/2024