

РОСТ СОМАТИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДВУХЛЕТОК КАРПА (*CYPRINUS CARPIO L.*) ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДВУХ ВИДОВ КОРМОВ

С.Б. МУСТАЕВ^{1,2}, В.П. ПАНОВ¹, А.В. САФОНОВ¹,
С.С. САФОНОВА¹, А.В. ЗОЛотова¹

(¹ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;

² Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» (ВНИИПРХ)

В статье приводятся сведения о росте и развитии соматических структур у двухлеток карпа в нагульный период. В варианте I использовали комбикорм К-III (низкокалорийный – монодиета), в варианте II – Карп-38/12 (высококалорийный – монодиета), в варианте III – К-III и Карп-38/12 (в разных автокормушках). Наиболее высокая доля осевых соматических структур отмечена у рыб варианта III (кормление рыб на выборной основе) ($P < 0,05$). Белые мышцы также лучше развиты у рыб, питающихся комплексной пищей (вариант III). Комбикорм Карп 38/12 не способствует увеличению массы белых мышц ($P < 0,05$). Доля красных мышц у рыб, питающихся комбикормом с невысоким содержанием жира (3,5%), на 45,5% ниже, чем в вариантах II и III. Используемые комбикорма с различной энергетической ценностью и их сочетанием в одном пруду оказывают влияние на развитие структуры, определяющей рост животных – осевой скелетной мускулатуры. При этом наиболее упитанными были двухлетки, получавшие наиболее энергоемкий рацион. Двухлетки карпа, получавшие корма с различным энергетическим содержанием и их комплексом, растут неодинаково, что связано прежде всего с ростом мускулатуры. Об этом свидетельствуют аллометрические коэффициенты. Наиболее высокие значения этого показателя, имеющие характер положительной аллометрии, отмечены у двухлеток карпа, получавших два комбикорма из разных кормушек (белые мышцы $b = 1,106$; красные – $b = 1,499$; все мышцы – $b = 1,125$). Бионический метод кормления рыб в сочетании с кормами разной энергетической ценности позволяет усилить развитие одной из наиболее важных структур тела – соматической мышечной системы. Она является не только биологической составляющей организма, обеспечивающей благополучие животных, но также высококачественным продуктом питания человека.

Ключевые слова: двухлетки карпа, корма, автокормление, рост и развитие, белые, красные мышцы, аллометрия.

Рыбы семейства карповых являются главными объектами аквакультуры не только в Российской Федерации, но и за рубежом. В нашей стране и в странах Восточной Европы это карп (*Cyprinus carpio L.*), белый толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix Valenciennes*), пестрый толстолобик (*Aristichthys nobilis*), белый амур (*Stenopharyngodon idella Val.*), линь (*Tinca tinca L.*) и др. В Китае, Индии и странах Юго-Восточной Азии наряду с карпом и толстолобиком культивируют другие виды карповых рыб – таких, как катля (*Catlacatla Hamilton*), мригаль (*Mrigal cirrhosis Bloch*), роху (*Labeo rohita Hamilton*), яванский пунтус (*Puntius gonionotus Bleeker*) и др. Все эти виды являются важными пищевыми объектами, ценность которых находится в прямой зависимости от физиологического состояния морфологических структур, входящих в состав тела (сомы) животных [11, 13]. Интенсивность роста и развития определяется прежде всего основной составляющей организма рыб – осевой соматической мускулатурой, что является давно установленным

фактом. При этом не нужно сбрасывать со счетов и развитие других частей тела рыб: головы, чешуи, кожи, скелета и локомоторного аппарата, что достаточно широко отражено в научной литературе [1, 5, 4]. При искусственном регулируемом и контролируемом культивировании рыб имеются факторы, которые оказывают существенное влияние на физиологический статус гидробионтов. Одним из них при прочих равных условиях является трофическая составляющая, то есть рацион и качество кормов [14, 15, 25]. Особое внимание уделяется уровню энергетической ценности и содержанию белкового компонента в рационе и влиянию его на продуктивные качества рыб [16, 20]. При этом необходимо учитывать одно немаловажное обстоятельство, а именно отзывчивость в виде скорости роста органов и тканей на сочетаемость различных по качеству кормов, содержание в них питательных веществ с потребностями организма рыб.

В связи с вышесказанным цель настоящего исследования заключается в установлении влияния различных по питательности комбикормов и их комбинировании на рост и развитие соматических структур двухлеток карпа.

Материал и методы исследований

Работу проводили на базе Всероссийского научно-исследовательского института пресноводного рыбного хозяйства (ныне филиал ВНИРО), в ОСПХ (опытное селекционно-племенное хозяйство) «Якоть» Дмитровского района Московской области. Объектом исследования были годовики и двухлетки карпа.

По окончании зимовки годовики после сортировки высаживались в подготовленные для эксперимента пруды в количестве 500 шт. со средней массой 30 г. Перед зарыблением в пруды вносили органическое удобрение (коровий навоз) из расчета 4 т/га.

Схема опыта представлена в таблице 1. Исследования проводили с апреля по октябрь 2019 г. в 6 прудах площадью 0,07 га каждый, в двух повторностях. Плотность посадки годовиков составляла 7000 экз/га. Кормление рыб осуществляли из маятниковых автокормушек вместимостью бункера 25 кг комбикормами К-111 и Карп 38/12, реализуя бионический метод кормления [8]. В варианте I использовали комбикорм К-111 (низкокалорийный – монодиета), в варианте II – Карп 38/12 (высококалорийный – монодиета), в варианте III – К-111 и Карп 38/12 (в разных автокормушках).

С апреля (со времени зарыбления 18 апреля 2019 г.) по вторую половину мая рыба, находящаяся в экспериментальных прудах, потребляла естественную пищу. В первую (5–6 мая) декаду мая в прудах были установлены автокормушки. Через 20 дней рыбы начали потреблять из них корм. С этого времени и до конца первой декады июня двухлетки карпа в варианте I получали комбикорм К-111, а вариантах II и III – Карп 38/12. В последующем (до окончательного облова 11 октября 2019 г.) рыбы в прудах варианта III использовали два вида корма К-111 и Карп 38/12, засыпанные в разные автокормушки, то есть двухлеткам предоставлялся для питания свободный выбор кормов.

Комбикорм К-111 содержит 23% сырого протеина, 3,5% жира, не более 8% клетчатки, 10 Мдж/кг переваримой энергии. Энерго-протеиновое соотношение составляет 10,3. Комбикорм 38/12 содержит 38% протеина, 12% жира, не более 3,5% клетчатки, 17,1 Мдж переваримой энергии. Энерго-протеиновое соотношение составляет 10,7.

Отбор проб осуществляли один раз в месяц. Для исследования отбирали по 6–10 рыб со средней массой для каждого варианта опыта. У рыб определяли массу

с точностью до 0,1 г и измеряли большую длины тела до 0,1 см. Методом физического анализа устанавливали соотношение частей тела рыб. Полученные данные выражали в процентах к массе рыбы [7].

Таблица 1

Схема опыта

Показатели	Вариант		
	I	II	III
Средняя начальная масса рыб, г	30	30	30
Плотность посадки, экз/га	7000	7000	7000
Площадь пруда, га	0,07	0,07	0,07
Количество автокормушек, шт.	2	2	2
Вид корма	К-111	Карп 38/12	К-111, Карп 38/12

При изучении относительного роста частей тела рыб применяли формулу простой аллометрии $y = ax^b$ с использованием логарифмического масштаба $\ln y = \ln a + b \ln x$ [9]. В этих формулах x – масса рыбы, порки и тушки; y – масса органа (мышцы, головы и др.); b – аллометрический и степенной коэффициент, показывающий, во сколько раз быстрее ($b > 1$ положительная аллометрия) или медленнее ($b < 1$ отрицательная аллометрия) растут часть тела или орган относительно массы всего организма. При значении коэффициента $b = 1$ рост массы животного и изучаемого органа происходит изометрично. Статистическую оценку степенного коэффициента b аллометрических уравнений проводили согласно А.А. Зотину [6].

Полученные данные обработаны статистически по стандартным методикам.

Результаты и обсуждение

Зимнее содержание оказало существенное влияние на физиологическое состояние годовиков. Коэффициент упитанности в это время у рыб невысокий (1,34), что связано также с низким выходом мышечной массы (23,4%). За период выращивания двухлеток на естественной кормовой базе их масса увеличивается в 4,3 раза, длина – на 48,8%, а масса мышц – на 38,7%. С третьего месяца опыта появилась возможность дифференцировать осевую мышечную систему на красные и белые мышцы, которые имеют существенные морфофункциональные отличия. В процессе откорма у рыб наблюдается увеличение коэффициентов упитанности.

С 18 июня по 11 октября масса у исследованных рыб увеличилась в вариантах I, II и III в 4,6, 7,9 и 9,8 раза, а длина – на 66,1, 75,5 и 96,8% соответственно (табл. 2). В подготовительный период с 18 апреля по 18 июня общая масса мышц у рыб увеличивается на 38,7% ($P \leq 0,05$). В дальнейшем после начала кормления выход мускулатуры изменяется незначительно при явной тенденции увеличения в конце экспериментального периода. Поскольку основное количество осевых мышц составляют белые, их масса изменяется подобным образом. Количество белых мышц за 5 месяцев выращивания карпа при использовании комбикормов К-111 возрастает на 11,3%; комбикормов Карп 38/12 – не изменяется; К-111 совместно с К 38/12 – на 17,6% ($P \leq 0,05$).

Красные мышцы составляют малую долю в составе тела карпа. Их содержание у двухлеток изменяется несколько специфически в каждом отдельном варианте опыта, но также имеет общую тенденцию и даже достоверное увеличение к концу выращивания ($P \leq 0,05$).

Таблица 2

Морфологическая характеристика рыб, % от массы рыбы

Показатели	Дата отбора проб				
	18.04	18.06	23.07	28.08	11.10
Вариант I (К-111)					
Масса рыб, г	28,7±0,69	124,8±10,52	282,7±27,09	515,6±11,09	572,0±64,66
Длина рыб, см	12,9±0,22	19,2±0,58	23,9±0,70	28,8±0,35	31,9±2,08
Ку	1,34	1,76	2,07	2,15	1,76
Мышцы белые, красные, всего	- - 23,8±1,09	31,8±1,08 1,20±0,07 33,0±1,05*	31,6±1,28 1,32±0,17 32,9±1,42*	29,4±1,34 2,17±0,19* 31,5±1,26*	35,4±1,35 2,09±0,19* 37,4±1,23*
Плавники	1,47±0,23	1,42±0,05	1,46±0,05	1,40±0,10	1,94±0,09
Чешуя	4,90±0,96	3,01±0,19	2,98±0,18	2,66±0,11	3,67±0,20
Голова	29,7±2,38	23,5±0,43	18,9±0,48*	16,4±0,68*	15,86±0,85*
Кожа	8,69±1,13	8,38±0,49	6,46±0,51	7,65±0,78	7,47±0,67
Вариант II (Карп-38/12)					
Масса рыб, г	28,7±0,69	124,8±10,52	432,0±37,02	864,0±21,17	986,7±43,72
Длина рыб, см	12,9±0,22	19,2±0,58	26,0±9,42	32,5±0,29	33,7±0,33
Ку	1,34	1,76	2,63	2,51	2,57
Мышцы: белые, красные, всего	- - 23,8±0,85	31,8±1,08 1,20±0,07 33,0±1,05	32,2±1,10 1,80±0,29 34,0±0,94	33,8±0,79 2,20±0,22* 36,0±0,96	31,4±2,08 3,25±0,14* 34,7±2,21
Плавники	1,47±0,23	1,42±0,05	1,12±0,07	1,11±0,12	1,65±0,21
Чешуя	4,90±0,96	3,01±0,19	2,54±0,08	2,89±0,30	3,66±0,01
Голова	29,7±2,38	23,5±0,43	15,3±0,40*	14,3±0,83*	13,8±1,00*
Кожа	8,69±1,13	8,38±0,49	6,95±0,52	6,12±0,69	7,87±0,24

Показатели	Дата отбора проб				
	18.04	18.06	23.07	28.08	11.10
Вариант III (К-111 и Карп 38/12)					
Масса рыб, г	28,7±0,69	124,8±10,52	361,0	1064,0±61,98	1220,0±15,81
Длина рыб, см	12,9±0,22	19,2±0,58	24,3	35,7±1,09	37,8±0,25
Ку	1,34	1,76	2,51	2,34	2,29
Мышцы: белые, красные, всего	- - 23,8±0,85	31,8±1,08 1,20±0,07 33,0±1,05	37,4 1,35 38,5	33,8±2,23 3,24±0,07* 37,0±0,16*	37,4±0,05* 3,23±0,10* 40,6±0,14*
Плавники	1,47±0,23	1,42±0,05	1,21	1,27±0,16	1,76±0,02
Чешуя	4,90±0,96	3,01±0,19	2,49	2,67±0,16	3,42±0,08
Голова	29,7±2,38	23,5±0,43	15,4	13,4±0,37*	14,1±0,23*
Кожа	8,69±1,13	8,38±0,49	6,16	8,16±0,30	7,57±0,16

*Разность по сравнению с начальными данными достоверна при $P \leq 0,05$.

Масса плавников, чешуи и кожи имеет достаточно близкие величины и незначительно изменяется в связи с рационами. Сумма этих морфологических структур у двухлеток при окончательном облове ниже, чем в начале выращивания, в варианте I – на 13,1%, в варианте II – на 13,2, варианте III – на 12,8%. Наиболее существенные изменения наблюдаются при исследовании головы с жабрами, масса которой в конце вегетационного сезона у всех рыб уменьшается на 47,2–53,5% ($P \leq 0,05$).

Несмотря на сравнительно низкие относительные показатели развития осевых мышц, наиболее высокая их доля отмечена у рыб варианта III (кормление рыб на выборной основе) ($P \leq 0,05$). Белые мышцы также лучше развиты у рыб, питающихся комплексной пищей (вариант III) (табл. 2). Комбикорм Карп 38/12 не способствует увеличению массы белых мышц ($P \leq 0,05$). Доля красных мышц у рыб, питающихся комбикормом с невысоким содержанием жира (3,5%), на 45,5% ниже, чем в вариантах II и III.

Таким образом, используемые комбикорма с различной энергетической ценностью и их сочетанием в одном пруду оказывают влияние на рост и развитие структуры, определяющей рост животных – осевой скелетной мускулатуры. При этом более упитанными были двухлетки, получавшие наиболее энергоемкий рацион.

Относительный, или аллометрический рост, и его параметры (коэффициенты) непосредственно связаны с изменениями пропорций животных, так как большинство частей организма растет с разной скоростью. Скорость увеличения массы тела без внутренностей является примером изометрического роста, с уклоном в какой-то степени в сторону положительной аллометрии ($b = 0,997 - 1,042$). Тушка растет более интенсивно, чем вся масса двухлеток карпа. Рост всех осевых скелетных мышц заметно уклоняется в сторону положительной аллометрии ($b = 1,098 - 1,125$).

При существующих пропорциях двух типов мышц наблюдаются некоторые особенности, которые накладывают отпечаток на их относительный рост. Белые мышцы обладают значениями средней ($b = 1,075 - 1,106$), а красные – высокой положительной аллометрии ($b = 1,418 - 1,499$).

Голова, чешуя и кожа характеризуются отрицательной аллометрией. Исключение составляют плавники как локомоторные структуры, которые растут с различной скоростью ($b = 0,940 - 1,035$).

Таблица 3

Параметры относительного роста

Показатель	Коэффициенты		
	a	$b \pm m$	R ²
К-111			
Порка	0,857	$0,997 \pm 0,0351$	0,997
Тушка	0,401	$1,066 \pm 0,0077$	0,989
Белые мышцы	0,181	$1,098 \pm 0,0569$	0,989
Красные мышцы	0,001	$1,418 \pm 0,2851$	0,951
Все мышцы	0,169	$1,112 \pm 0,0523$	0,988
Голова	0,620	$0,787 \pm 0,0480$	0,983
Чешуя	0,073	$0,854 \pm 0,1760$	0,995
Плавники	0,013	$1,035 \pm 0,0900$	0,999
Кожа	0,106	$0,937 \pm 0,0337$	0,988
Карп 38/12			
Порка	0,830	$1,003 \pm 0,0425$	0,995
Тушка	0,344	$1,103 \pm 0,0406$	0,996
Белые мышцы	0,199	$1,075 \pm 0,0321$	0,985
Красные мышцы	0,001	$1,429 \pm 0,1220$	0,973
Все мышцы	0,184	$1,098 \pm 0,0296$	0,986
Голова	0,649	$0,772 \pm 0,0191$	0,990
Плавники	0,018	$0,940 \pm 0,1721$	0,995
Чешуя	0,070	$0,854 \pm 0,2874$	0,980
Кожа	0,112	$0,920 \pm 0,1109$	0,998

Показатель	Коэффициенты		
	a	b±m	R ²
К-111 и Карп 38/12			
Порка	0,711	1,042±0,0311	0,988
Тушка	0,326	1,119±0,0067	0,991
Белые мышцы	0,140	1,106±0,0032	0,993
Красные мышцы	0,001	1,499±0,5154	0,945
Все мышцы	0,169	1,125±0,0346	0,993
Голова	0,519	0,824±0,0561	0,986
Плавники	0,011	1,002±0,0960	0,986
Чешуя	0,052	0,926±0,2893	0,961
Кожа	0,094	0,965±0,0662	0,971

Двухлетки карпа, получавшие комплекс кормов с различным энергетическим содержанием, растут неодинаково. Это связано прежде всего с ростом мускулатуры, о чем свидетельствуют аллометрические коэффициенты. Наиболее высокие значения этого показателя, имеющие характер положительной аллометрии, отмечены у двухлеток карпа, получавших оба комбикорма из разных кормушек (белые мышцы – $b = 1,106$; красные – $b = 1,499$; все мышцы – $b = 1,125$) (табл. 3).

Условия зимовки требуют максимальной мобилизации всех ресурсов организма и оказывают существенное влияние на физиологическое состояние молоди рыб. В этот период происходит интенсивная трата питательных веществ из всех депо организма годовиков, в том числе из скелетной мускулатуры, масса которой существенно уменьшается. Последующая реабилитация рыб на естественной кормовой базе в течение двух месяцев в нагульных прудах приводит к значительному увеличению доли мышц.

Вопросы о влиянии различных рационов на морфофункциональное состояние рыб имеют важное теоретическое и практическое значение и интенсивно разрабатываются [10, 24, 22]. Исследования влияния различных по питательности кормов и их энергетической ценности на количественные показатели мышц немногочисленны [2]. Ряд работ направлен на установление влияния рационов на рост и развитие гистоструктуры мышечной ткани [21, 23].

Карп, в отличие от лососевых, обладает невысокой относительной массой мышц (37–46% от массы рыбы) [12, 17]. По нашим данным, следующим из содержания статьи, степень развития мышц у карпов при откорме исследованных нами особей может быть еще ниже (34,7–40,6%). Это дает основание предполагать, что существует перспектива улучшения товарных качеств (прежде всего выхода мяса) двухлеток карпа.

Использование в аквакультуре автокормушек (demand-feeders), сконструированных и внедренных в форелевых и карповых хозяйствах В.В. Лавровским [8],

позволяет оптимально реализовывать трофические потребности рыб. Это подтверждается и другими работами [12].

Одним из преимуществ бионического метода кормления является возможность предоставления выбора рыбам корма «по вкусу» и саморегулирования его потребления. Рыбы обладают хорошо развитыми вкусовыми и обонятельными рецепторами [3], что позволяет комбинировать частоту подходов к той или иной автокормушке.

Настоящее исследование подтверждает обоснованность этого предположения результатами, полученными по затратам корма. Рыба питалась двумя кормами, отдавая предпочтение комбикорму Карп 38–12, но и осуществляя подходы к кормушке с комбикормом К-111 с регулярной периодичностью. Иными словами, двухлетки как бы «разбавляли» по своему вкусу жирный и высокобелковый корм «диетическим». По-видимому, такое сочетание кормов в рационе является благоприятным для обменных процессов – как белкового, так жирового. Относительная масса осевой мускулатуры у двухлеток при комбинированном кормлении выше, чем при однотипном. Степень развития красных мышц определенным образом связана с энергетическим обеспечением рыб. Высокое содержание в корме жира и белка при откорме способствует лучшему развитию красных мышц и у других костистых рыб. У скумбрии, получавшей корм с высоким содержанием жира, общая площадь красных мышечных волокон увеличивается в 3,5 раза, а при исключении дополнительного корма – в 1,5 раза [19].

В целом использование высококалорийного корма приводит к масштабному отложению висцерального и внутритканевого жира в мышцах, особенно гипаксиальных, без снижения содержания белка, как у лососевых [16]. Полученные данные находятся в соответствии с относительным ростом соматических структур двухлеток карпа. Рост мышечной системы у рыб, в частности, у карпа, характеризуется невысокой положительной аллометрией [18].

Определенные различия по интенсивности роста наблюдаются между белыми и красными мышцами рыб. Последние растут более интенсивно, что, по-видимому, связано с постоянно увеличивающимися массой и локомоционной активностью двухлеток карпа в вегетационный период. Высококалорийный корм в сочетании с низкокалорийным способствует более быстрому росту как белых, так и красных мышц ($b = 1,119$ и $b = 1,499$). Другие соматические структуры уступают мышечной системе, и их рост имеет характер изометрии или отрицательной аллометрии.

Бионический метод кормления рыб в сочетании с кормами разной энергетической ценности позволяет усилить рост одной из наиболее важных структур тела – соматической мышечной системы. Она является не только биологической составляющей организма, обеспечивающей благополучие животных, но также высококачественным продуктом питания человека.

Библиографический список

1. *Вракин В.Ф.* Сезонные изменения и половые различия морфологического состава тела рыб некоторых видов семейства карповых / В.Ф. Вракин, М.В. Сидорова, В.П. Панов // Известия ТСХА. – 1981. – Вып. 3. – С. 136–145.
2. *Горшкова Г.Л.* Влияние некоторых ферментных препаратов на рост и химический состав тканей двухлетков кижуча / Г.Л. Горшкова, Ю.Ф. Двинин // Рыбное хозяйство. – 1984. – № 8. – С. 40–42.
3. *Касумян А.О.* Быстрая оценка рыбами вкусовых качеств корма / А.О. Касумян, Е.С. Михайлова // Вопросы ихтиологии. – 2018. – Т. 58 (6). – С. 739.

4. *Золотова А.В.* Рост соматических структур и морфометрическая характеристика скелетной мускулатуры нильской тилпии (*Oreochromis niloticus* L.) / А.В. Золотова, В.П. Панов, Ю.И. Есавкин // Известия ТСХА. – 2013. – Вып. 2. – С. 76–87.
5. *Золотова А.В.* Рост и анатомо-гистологическая характеристика осевой мускулатуры африканского сома *Clarias gariepinus* (Burchell) / А.В. Золотова, В.П. Панов, Ю.И. Есавкин, Е.А. Просекова // Известия ТСХА. – 2015. – Вып. 5. – С. 81–93.
6. *Зотин А.А.* Статистическая оценка параметров аллометрических уравнений / А.А. Зотин // Известия АН. Серия «Биологическая». – 2000. – № 5. – С. 517–524.
7. *Кублицкас А.К.* Методы изучения жировых запасов, мясистости и весовых соотношений частей тела / А.К. Кублицкас // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. – Вильнюс: Моклас, 1976. – Ч. II. – С. 104–109.
8. *Лавровский В.В.* Пути интенсификации форелеводства / В.В. Лавровский. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 167 с.: ил.; 21 см.
9. *Мина М.В.* Рост животных [Текст]: Анализ на уровне организма / М.В. Мина, Г.А. Клевезаль; АН СССР, Науч. совет по проблеме «Закономерности индивидуального развития животных и управления процессами онтогенеза». – Москва: Наука, 1976. – 291 с.: ил.; 25 см. – (Проблемы биологии развития).
10. *Остроумова И.Н.* Особенности пищевых потребностей рыб с различной температурой обитания и пути повышения эффективности их кормления / И.Н. Остроумова // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. – 1988. – Вып. 275. – С. 5–25.
11. *Панов В.П.* Морфологические и эколого-физиологические особенности мускулатуры некоторых пресноводных видов рыб: Дис. ... д-ра биол. наук. – М., 1997. – 335 с.
12. *Панов В.П.* Морфобиохимические показатели двухлеток карпа в зависимости от способа кормления и плотности посадки / В.П. Панов, С.Б. Мустаев // Известия ТСХА. – 1988. – Вып. 5. – С. 187–194.
13. *Панов В.П.* Мясная продуктивность рыб. Биологические особенности и основы формирования мясной продуктивности рыб в условиях аквакультуры / В.П. Панов // Монография. – Изд-во LAP LAMBERT, 2014. – 331 с.
14. *Сорвачев К.Ф.* Основы биохимии питания рыб: Монография / К.Ф. Сорвачев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 247 с.
15. *Shcherbina M.A.* Feeding fish in freshwater aquaculture / M.A. Shcherbina, E.A. Gamygin. – М.: Сх. technology, 2016. – 304 s.
16. *Chaiyapechara S.* Proximate composition lipid and sensory characteristics of fillet from rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fed diets containing 10 to 30% lipid / S. Chaiyapechara, K.K.M. Liu F.T. Barrows, R.W. Hardy, F.M. Dong // J. World Aquac. – Soc., 2003. – Vol. 34. – P. 266–267.
17. *Geri G.* Body trait and chemical composition of muscle in the common carp (*Cyprinus carpio* L.) as influenced by age and rearing environment / G. Geri, B.M. Poli, M. Gualtieri, P. Lupi, G. Parisi, G. Purisi // Aquaculture, 1995. – Vol. 129. – P. 329–233.
18. *Goollish E.M.* Tissue-specific allometry of an aerobic respiratory enzyme in a large and a small species of cyprinid (Teleostei) / E.M. Goollish, I.R. Adelman // Can. J. Zool., 1988. – Vol. 66. – С. 2199–2208.
19. *Fjermestad A.* Effects of different dietary fat levels in cage-fed Atlantic mackerel (*Scomber scomber*) / A. Fjermestad, G. – I. Hemre, G.K. Totland, L. Floyland // Europ. J. Lipid Sci. Technol., 2000. – Vol. 102. – P. 282–286.

20. Johansson L. Effects of ration level in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), on sensory characteristics, lipid content and fatty acid composition / L. Johansson, A. Kiesling, T. Asgard, L. Berglund // *Aquat. Nutr.*, 1995. – Vol. 1. – P. 59–66.
21. Johnston I.A. Effects of dietary protein level on muscle cellularity and fresh tequality in Atlantic salmon with particular reference to gaping / I.A. Johnston, S. Manthri, Alderson et al. // *Aquaculture*, 2002. – Vol. 210. – P. 259–283.
22. Nwanna L.C. Response of common carp (*Cyprinus carpio* L.) to supplemental DL-methionine and different feeding strategies / L.C. Nwanna, F. Lemme, A. Metwally, F.J. Schwatz // *Aquaculture*, 2012. – P. 365–370.
23. Silva P. Dietary protein content influences both growth and size distribution of anterior and posterior muscle fibres in juveniles of 42. *Pagellus bogaraveo* (Brunnich) / P. Silva, L.M.P. Valente M.H. Galante C.A.P. Andrade R.A.F. Monteiro E. Rocha // *J. Muscle-Res. CellMotil.*, 2009. – Vol. 30. – P. 29–39.
24. Steffens W. Fetteinsatzim Trockenmischfutter fur Karpfen (*Cyprinus carpio*) / W. Steffens, M.L. Albrecht // *Arch/Tierernahrung*, 1979. – Bd. 34. – S. 579–585.
25. Vacha F. Influence of supplemental cereal feeding on the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio* L.) / F. Vacha, P. Vejsada, J. Huda, P. Hartvich // *Aqua. Inter.*, 2007. – Vol. 15. – P. 321–329.

GROWTH OF SOMATIC STRUCTURES
OF TWO-YEAR-OLD CARP (*CYPRINUS CARPIO* L.)
WHEN USING TWO TYPES OF FEED

S.B. MUSTAEV², V.P. PANOV¹, A.V. SAFONOV¹,
S.S. SAFONOVA¹, A.V. ZOLOTOVA¹

(¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;
² Research Institute of Freshwater Fishery (VNIRO Branch))

The paper provides information about the growth and development of somatic structures of two-year-old carp during the fattening period. In variant I, K-III compound feed was used (low-carb-monodiet), in variant II – Carp-38/12 (high-carb-monodiet), in variant III – K-III and Carp-38/12 (in different auto-feeders). The highest proportion of axial somatic structures was observed in fish of variant III (fish feeding on a selective basis) ($P < 0.05$). White muscles are also better developed in fish that eat complex feed (variant III). Compound feed Carp 38/12 does not increase the mass of white muscles ($P < 0.05$). The proportion of red muscles in fish that eat mixed feed with a low fat content (3.5%) is 45.5% lower than in variants II and III. The use of feed with different energy values and their combination in one pond affects the growth and development of the structure that determines the growth of fish species – the axial skeletal muscles. At the same time, the two-year-old fish species that received the most energy-intensive diet were the most well-fed. Two-year-old carp that received feed with different energy content and complex composition grow differently. This is primarily due to the growth of muscles, which is evidenced by allometric coefficients. The highest values of this parameter featuring positive allometry, were observed in two-year-old carp that received two compound feeds from different feeders (white muscles $b = 1.106$; red muscles $b = 1.499$; all muscles $b = 1.125$). The bionic method of feeding fish in combination with feeds of different energy values provides for strengthened growth of one of the most important body structures – the somatic muscle system. It is not only a biological component of the body that ensures the welfare of animals, but also a high-quality food source.

Key words: two-year-old carp, feeds, auto-feeding, growth and development, white, red muscles, allometry

References

1. *Vrakin V.F., Sidorova M.V., Panov V.P.* Sezonnnye izmeneniya i polovye razlichiya morfologicheskogo sostava tela ryb nekotorykh vidov semeystva karpovyh [Seasonal changes and sex differences in the morphological composition of the body of some fish species of the cyprinid family] // *Izvestiya TSKHA*, 1981; 3: 136–145. (In Rus.)
2. *Gorshkova G.L., Dvinin Yu.F.* Vliyanie nekotorykh fermentnykh preparatov na rost i khimicheskiy sostav tkaney dvukhletkov kizhucha [Influence of some enzyme preparations on the growth and chemical composition of tissues of two-year-old coho salmon species] // *Rybnoehoz-vo*, 1984; 8: 40–42. (In Rus.)
3. *Kasumyan A.O., Mikhaylova E.S.* Bystraya otsenka rybami vkusovykh kachestv korma [Rapid evaluation of the feed taste by fish] // *Voprosy ikhtiologii*, 2018; 58(6): 739. (In Rus.)
4. *Zolotova A.V., Panov V.P., Esavkin Yu.I.* Rost somaticheskikh struktur i morfometricheskaya kharakteristika skeletnoy muskulatury nil'skoy tilyapii (*Oreochromis niloticus* L.) [Growth of somatic structures and morphometric characteristics of the skeletal muscles of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.)] // *Izvestiya TSKHA*, 2013; 2: 76–87. (In Rus.)
5. *Zolotova A.V., Panov V.P., Esavkin Yu.I., Prosekova E.A.* Rost i anatomo-gistologicheskaya kharakteristika osevoy muskulatury afrikanskogo soma *Clarias gariepinus* (Burchell) [Growth and anatomical and histological characteristics of the axial muscles of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell)] // *Izvestiya TSKHA*, 2015; 5: 81–93. (In Rus.)
6. *Zotin A.A.* Statisticheskaya otsenka parametrov allometricheskikh uravneniy [Statistical estimation of the parameters of allometric equations] // *Izvestiya AN. Ser.biologich.*, 2000; 5: 517–524. (In Rus.)
7. *Kublitskas A.K.* Metody izucheniya zhirovykh zapasov, myasistosti i vesovykh sootnosheniy chastey tela [Methods for studying fat reserves, meatiness and weight ratios of body parts] // *Tipovye metodiki issledovaniya produktivnosti vidov ryb v predelakh ikh arealov. Vil'nyus, Mokslas*, 1976; II: 104–109. (In Rus.)
8. *Lavrovskiy V.V.* Puti intensivatsii forelevodstva [Ways to intensify trout breeding] // *M.: Legk.i pishch. prom-st'*, 1981: 167. (In Rus.)
9. *Mina M.V., Klevezal', G.A.* Rost zhivotnykh [Growth of animals] // *M.: Nauka*, 1976: 291. (In Rus.)
10. *Ostroumova I.N.* Osobennosti pishchevykh potrebnostey ryb s razlichnoy temperaturoy obitaniya i puti povysheniya effektivnosti ikh kormleniya [Peculiarities of food needs of fish with different habitat temperatures and ways to increase the efficiency of their feeding] // *Sb.nauchn.hor. GosNIORH*, 1988; 275: 5–25. (In Rus.)
11. *Panov V.P.* Morfologicheskie i ekologo-fiziologicheskie osobennosti muskulatury nekotorykh presnovodnykh vidov ryb [Morphological and ecological-physiological features of the muscles of some freshwater fish species] // *DSc (Bio) thesis*, 1997: 335. (In Rus.)
12. *Panov V.P., Mustaev S.B.* Morfobiohimicheskie pokazateli dvukhletok karpa v zavisimosti ot sposoba kormleniya i plotnosti posadki [Morphobiochemical parameters of two-year-old carp depending on the feeding method and stocking density] // *Izvestiya TSKHA*, 1988; 5: 187–194. (In Rus.)
13. *Panov V.P.* Myasnaya produktivnost' ryb. Biologicheskie osobennosti i osnovy formirovaniya myasnoy produktivnosti ryb v usloviyakh akvakul'tury [Meat productivity of fish. Biological features and foundations of the formation of fish meat productivity in aquaculture] // *Izd-vo LAP LAMBERT*, 2014: 331. (In Rus.)

14. *Sorvachev K.F.* Osnovy biokhimii pitaniya ryb [Fundamentals of biochemistry of fish nutrition] // M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1982: 247. (In Rus.)
15. *Sherbina M. A., Gamygin E.A.* Kormlenie ryb v presnovodnoy akvakul'ture [Feeding fish in freshwater aquaculture]: Monograph: 2nd ed, reviewed and extended. – M.: Sel'skokozyaystvennyye tekhnologii, 2016: 308. (In Rus.)
16. *Chaiyapechara S., Liu K.K.M., Barrows F.T., Hardy R.W., Dong F.M.* Proximate composition lipid and sensory characteristics of fillet from rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fed diets containing 105 to 30% lipid // J. World Aquac. Soc., 2003; 34: 266–267.
17. *Geri G., Poli B.M., Gualtieri M., Lupi P., Parisi G., Purisi G.* Bo407dy trait and chemical composition of muscle in the common carp (*Cyprinus carpio* L.) as influenced by age and rearing environment // Aquaculture, 1995; 129: 329–233.
18. *Goollish E.M., Adelman I.R.* Tissue-specific allometry of an aerobic respiratory enzyme in a large and a small species of cyprinid (Teleostei) // Can.J.Zool., 1988: 66: 2199–2208.
19. *Fjermestad A., Hemre G. – I., Totland G.K., Floyland L.* Effects of different dietary fat levels in cage-fed Atlantic mackerel (*Scomber scomber*) // Europ. J. Lipid Sci. Technol., 2000; 102: 282–286.
20. *Johansson L., Kiesling A., Asgard T., Berglund L.* Effects of ration level in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), on sensory characteristics, lipid content and fatty acid composition // Aquat. Nutr., 1995; 1: 59–66.
21. *Johnston I.A., Manthri S., Alderson et al.* Effects of dietary protein level on muscle cellularity and fresh tequality in Atlantic salmon with particular reference to gaping // Aquaculture, 2002; 210: 259–283.
22. *Nwanna L.C., Lemme F., Abdallah Metwally, Schwatz F.J.* Response of common carp (*Cyprinus carpio* L.) to supplemental DL-methionine and different feeding strategies // Aquaculture, 2012: 365–370.
23. *Silva P., Valente L.M.P., Galante M.H., Andrade C.A.P., Monteiro R.A.F., Rocha E.* Dietary protein content influences both growth and size distribution of anterior and posterior muscle fibres in juveniles of *Pagellus bogaraveo* (Brunnich) // J. Muscle Res. Cell Motil., 2009; 30: 29–39.
24. *Steffens W., Albrecht M.L.* Fetteinsatzim Trockenmischfutter fur Karpfen (*Cyprinus carpio*) // Arch / Tierernahrung, 1979; 34: 579–585.
25. *Vacha F., Vejsada P, Huda J, Hartvich P.* Influence of supplemental cereal feeding on the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio* L.) // Aqua. Inter., 2007; 15: 321–329.

Мустаев Сергей Борисович, канд. биол. наук, доцент кафедры аквакультуры и пчеловодства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 977-14-47); руководитель группы комплексной интенсификации прудового рыбоводства филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») (141821, Российская Федерация, Московская область, Дмитровский р-н, п. Рыбное; e-mail: mustaevsb@yandex.ru); тел.: (495) 108-68-56).

Панов Валерий Петрович, д-р биол. наук, профессор кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: panovval@gmail.com.; тел.: (499) 977-14-47).

Сафонов Александр Владимирович, аспирант 2-го года обучения кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

(127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: aleks.safonow@yandex.ru); тел.: (499) 977-14-47).

Сафонова Станислава Сергеевна, магистрант 1-го года обучения факультета зоотехнии и биологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: sfalij@yandex.ru); тел.: (499) 977-14-47).

Золотова Анастасия Владимировна, канд. биол. наук, доцент кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертиз РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; email: avzolotova@gmail.com; тел.: (499) 977-14-47).

Sergey B. Mustaev, PhD (Bio), Associate Professor, the Department of Aquaculture and Bee-Keeping, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: (499) 977-14-47; Head of the Group for Complex Intensification of Pond Fish Farming, VNIRO Branch of Freshwater Fishery (141821, Moscow region, Dmitrov district, phone: (495) 108-68-56; e-mail: mustaevsb@yandex.ru).

Valeriy P. Panov, DSc (Bio), Professor, the Department of Morphology and Veterinary-and-Sanitary Examination, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: (499) 977-14-47; e-mail: panovval@gmail.com).

Aleksandr V. Safonov, postgraduate student of the Department of Morphology and Veterinary-and-Sanitary Examination, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: (499) 977-14-47; e-mail: aleks.safonow@yandex.ru).

Stanislava S. Safonova, 1st-year MSc student, the Faculty of Animal Science and Biology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: (499) 977-14-47; e-mail: sfalij@yandex.ru).

Anastasia V. Zolotova, PhD (Bio), Associate Professor of the Department of Morphology and Veterinary-and-Sanitary Examination, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; phone: (499) 977-14-47; e-mail: avzolotova@gmail.com).