

УДК 639.371.9:5914

РОСТ СОМАТИЧЕСКИХ СТРУКТУР
И МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ НИЛЬСКОЙ ТИЛЯПИИ
(*OREOCHROMIS NILOTICUS* L.)

А.В. ЗОЛотова, В.П. ПАНОВ, Ю.И. ЕСАВКИН

(РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева)

В статье приводятся данные о развитии морфологических структур рыб, определяющих их рост, при выращивании в искусственных условиях. Анализируются изменения относительной массы тела без внутренностей, тушки и мышц в постнатальном онтогенезе нильской тилляпии. Приведена размерная характеристика волокон скелетной мускулатуры, их плотность, а также соотношение тканей, показателей, определяющих качество мяса рыб. Для изучения особенностей роста соматических структур рассчитаны параметры аллометрических уравнений.

Ключевые слова: гистоструктура мышц, нильская тилляпия, аллометрические уравнения, красная и белая мускулатура, гиперплазия, гипертрофия.

В объеме производимой продукции мировой аквакультуры тилляпия занимает достаточно весомое место. Одним из наиболее перспективных видов является нильская тилляпия, обладающая высокой скоростью роста и достигающая внушительных размеров (5 кг и более). Биологическим особенностям этого вида посвящено значительное число исследований [7, 2, 19, 21, 22]. Имеющиеся данные свидетельствуют о высокой устойчивости нильской тилляпии к повышенной температуре окружающей среды, дефициту кислорода, высоким концентрациям азотистых веществ и др. По эффективности использования корма и товарным качествам нилотика превосходит многие виды тилляпий [12, 13].

Целью нашей работы является изучение количественных показателей некоторых частей тела и структурно-качественных изменений в скелетной мускулатуре нильской тилляпии в постнатальном онтогенезе.

Методика исследований

Объектом исследования служила тилляпия (*Oreochromis niloticus* L.) в возрасте от 7 дней до 24 месяцев. Рыб выращивали в условиях аквариальной кафедры пчеловодства и рыбоводства РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева. Кормление осуществляли комбикормом АК-1ФП. Температура воды составляла 28-30 °С, а содержание кислорода колебалось в пределах 3-5 мг/л. При определении морфометрических показателей рыб использовали методику И.Ф. Правдина [11] и схему измерений

Ю.А. Привезенцева [12]. Количественные показатели соматических структур устанавливали путем разделки и препарирования рыб [5].

При изучении относительного роста частей тела и мышц тилапии за основы была использована статистическая оценка параметров аллометрических уравнений, предложенных А.А. Зотиничем [3].

Пробы мускулатуры, взятые под спинным плавником, фиксировали в 10%-м нейтральном формалине и заливали в желатин для последующего приготовления гистологических срезов [4]. Методом проекции устанавливали относительное количество жировой ткани. Соотношение тканей мышечной и соединительной определяли стереометрически [1]. Средний диаметр мышечных волокон определяли на сфотографированных срезах в соответствующем масштабе. Измеряли большой и малый диаметры мышечных волокон, которые переводили в микроны с помощью окуляр-микрометра. Плотность мышечной ткани выявляли путем подсчета количества волокон в 1 мм^2 .

Биометрическую обработку полученных результатов проводили по Н.А. Плохинскому [10].

Результаты и их обсуждение

В период исследований масса рыб повысилась более чем в 33 тыс. раз, а длина — всего в 31,7 раза. Величина относительной высоты тела нильской тилапии в процессе роста имеет тенденцию к увеличению (с 34,32% у 12-дневной молоди до 37,18% у производителей), однако различия недостоверны. Напротив, значительный рост головы в длину отмечен в первые дни после вылупления эмбрионов. В 12-дневном возрасте молоди индекс большеголовости на 59,0% выше, чем в 7-дневном ($P < 0,001$), и он продолжает увеличиваться до 24 дня жизни рыб. В последующем величина этого показателя изменяется в меньшей степени — от 31,02 до 35,94%. Максимальный обхват тела отмечен у рыб в возрасте 5 месяцев, что на 11,9-18,9% выше по сравнению со старшими группами тилапии (табл. 1). В целом, судя по относительной величине высоты тела и длине головы, морфометрический профиль у нильской тилапии в постнатальном онтогенезе глобально не изменяется.

В процессе роста рыб относительная масса тела без внутренностей (порка) значительно увеличивается. У 7-месячных рыб и производителей величина этого показателя на 12,0 и 15,2% выше, чем у молоди рыб возрасте 42 дня ($P < 0,05$ и $P < 0,001$). Масса тушки подвержена возрастным изменениям, которые отмечены для порки. При этом можно наблюдать поэтапный рост этого показателя, начиная с 42-го дня исследований. Масса тушки у рыб в возрасте 53 дней на 17,4% выше, чем в 42 дня ($P < 0,001$), в 5 месяцев выше, чем в 53 дня, на 21,4% ($P < 0,001$), и в 7 месяцев выше, чем в 5 месяцев, на 15,8% ($P < 0,001$). При дальнейшем выращивании скорость наращивания массы тушки у тилапии замедляется. Это может быть обусловлено, с одной стороны, созреванием половых продуктов у производителей, а с другой — достижением предела роста массы этой соматической структуры в связи с биологическими особенностями объекта исследования. Рост тушки обусловлен в основном наращиванием мускулатуры, составляющей основную массу тушки (более 90%). Помимо этого коэффициент корреляции между массой тушки и мышц находится в пределах 0,92-0,97 [6]. Из данных, представленных в табл. 2, видно, что доля мышц в теле рыб интенсивно увеличилась у 7-месячных и двухгодовалых по

Морфометрическая характеристика тилапии (n = 6)

Показатель	Возраст рыб							
	7 дней	12 дней	24 дня	42 дня	53 дня	5 месяцев	7 месяцев	24 месяца
Масса рыб, г	0,02 ± 0,001	0,05 ± 0,003	0,24 ± 0,02	0,59 ± 0,04	1,31 ± 0,23	41,34 ± 5,85	62,98 ± 7,18	666,53 ± 67,79
Длина, см	0,83 ± 0,11	1,14 ± 0,02	1,87 ± 0,04	2,70 ± 0,08	3,24 ± 0,08	9,47 ± 0,38	11,52 ± 0,55	26,33 ± 0,48
<i>В % от длины тела</i>								
Высота	...	34,32 ± 0,82	34,63 ± 0,63	32,73 ± 0,66	35,12 ± 0,14	...	36,52 ± 1,21	37,18 ± 1,30
Длина головы	20,96 ± 0,35	33,33 ± 0,84	36,45 ± 0,29	31,02 ± 0,92	33,63 ± 0,42	35,94 ± 0,49	35,39 ± 0,83	33,68 ± 0,87
Обхват	...	...	...	91,23 ± 1,15	95,7 ± 6,44	101,18 ± 2,94	90,4 ± 2,76	85,72 ± 3,03

Количественные показатели соматических структур тилапии (n = 6)

Показатель	Возраст рыб				
	42 дня	53 дня	5 месяцев	7 месяцев	24 месяца
Масса рыб, г	0,59 ± 0,04	1,31 ± 0,23	41,34 ± 5,85	62,98 ± 7,18	666,53 ± 67,79
<i>В % от массы рыб</i>					
Порка	74,69 ± 1,47	78,51 ± 0,64	78,37 ± 0,79	83,63 ± 2,59*	86,08 ± 1,19***
Тушка	37,88 ± 0,83	44,47 ± 0,89***	53,99 ± 1,01***	62,52 ± 0,86***	63,66 ± 2,94***
Голова	27,27 ± 0,19	26,51 ± 0,81	20,15 ± 0,74***	20,62 ± 0,45***	17,91 ± 1,77***
Мышцы	...	...	47,97 ± 0,56	55,71 ± 0,57***	57,70 ± 3,37***
Кости	...	...	6,03 ± 0,67	6,81 ± 0,66	5,96 ± 0,45

Примечание. Разность между рыбами в возрасте 42 дней и другими возрастными достоверна * при $P \leq 0,05$; ** при $P \leq 0,01$; *** при $P \leq 0,001$. Здесь и в табл. 4.

сравнению с 5-месячными рыбами на 16,1% ($P < 0,001$) и 20,3% ($CP < 0,05$) соответственно.

Важной соматической структурой тела рыб, с которой связано увеличение массы порки, является голова. Ее доля относительно других частей в теле тилипии в постнатальном онтогенезе уменьшается, особенно с 5-месячного возраста, достигая минимальных величин у производителей (разница по сравнению с 42-дневными рыбами 9,36%; $P < 0,001$). Доля скелетных образований в процессе роста, начиная с 5-месячного возраста, практически не изменяется (табл. 2).

Данные, полученные об изменении относительного роста соматических структур, согласуются с динамикой относительных показателей (масса рыб 0,59-666,53 г). Наиболее интенсивно растет порка — $y = 0,59x^{1,07 \pm 0,033}$ ($R^2 = 0,92$), тушка — $y = 0,42x^{1,07 \pm 0,050}$ ($R^2 = 0,90$) и мышцы — $y = 0,40x^{1,06 \pm 0,042}$ ($R^2 = 0,77$). Аллометрический коэффициент b у всех вышерассмотренных частей тела фактически не различается, т.е. они растут относительно массы рыб с одинаковой интенсивностью. Для головы характерна, хотя и небольшая, но отрицательная аллометрия — $y = 0,26x^{0,94 \pm 0,046}$ ($R^2 = 0,95$). Кости растут изометрично — $y = 0,07x^{0,98 \pm 0,014}$ ($R^2 = 0,73$). При этом коэффициент детерминации, свидетельствующий о тесноте взаимосвязи всех исследуемых показателей, достаточно высок (не ниже 0,70).

Увеличение среднего диаметра белых мышечных волокон, которые формируют основную массу мускулатуры, происходит достаточно равномерно до 53-дневного возраста (3,08-4,48 мкм), т.е. в целом поперечный срез увеличивается на 11,23 мкм, или 2,3 раза (табл. 3). В возрасте 5 месяцев величина этого показателя в 1,9 раза выше, чем в предыдущий период ($P < 0,001$) и у 7-месячных рыб он не изменяется. По-видимому, до 5-месячного возраста рост белых мышц осуществляется главным образом за счет гиперплазии, а в последующем большое значение приобретает гипертрофия. Наибольший средний диаметр белых мышечных волокон наблюдается у производителей. Он в 1,9 раза больше, чем у 5- и 7-месячных рыб ($P < 0,001$). Средний диаметр красных мышечных волокон значительно ниже, чем белых ($P < 0,001$). Интересным представляется увеличение диаметра красных волокон по отношению к белым с возрастом. В 5-7 месяцев диаметр белых волокон почти на 70% больше, чем красных, а к 24 месяцам — лишь на 22%. Данный эффект может быть нормальным для взрослых особей или является следствием выращивания в ограниченном пространстве (250-литровые бассейны) и отсутствием необходимости дальнейшего развития красной мускулатуры за счет гиперплазии.

Уравнения связи диаметра белых мышечных волокон с массой и длиной рыб имеют вид: $y = 10,61x^{0,188 \pm 0,004}$ ($R^2 = 0,83$) и $y = 3,56x^{0,575 \pm 0,018}$ ($R^2 = 0,83$) соответственно. В том и другом случае наблюдается отрицательная аллометрия. Анализируя величину степенных коэффициентов b , можно заключить, что диаметр волокон в большей степени определяется размерами рыб нежели их массой. При этом разность между этими аллометрическими коэффициентами имеет высокую степень достоверности ($CP < 0,001$).

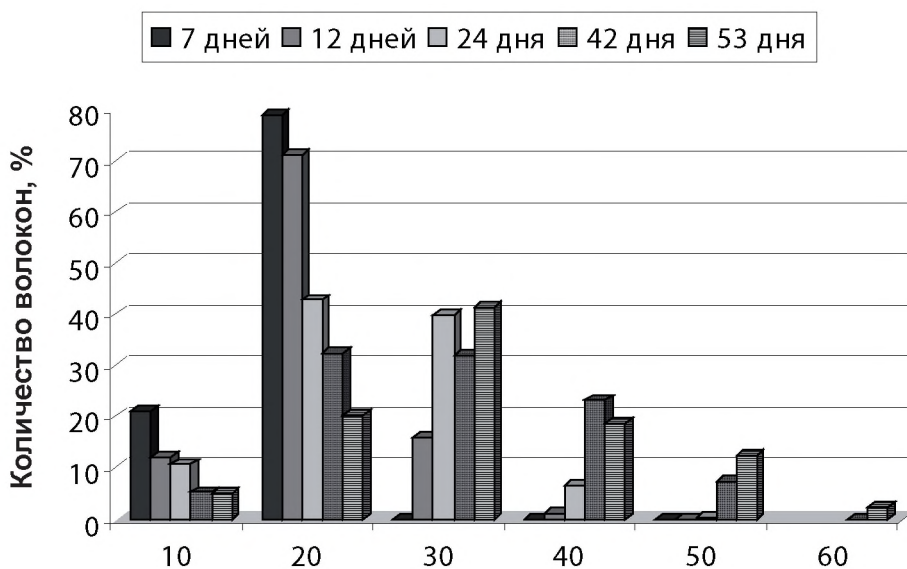
В 7-дневном возрасте у молоди тилипии длиной 0,83 см белые мышечные волокна представлены двумя группами. Это волокна, находящиеся в классовых промежутках 0-10 мкм (21%) и 10-20 мкм (79%). У 12-дневных рыб наблюдается сходная картина, но при этом появляются более крупные волокна (от 30 до 40 мкм — 16%) и даже единичные свыше 40 мкм (1%). Через 12 дней наблюдается уменьшение мышечных волокон с диаметром до 10 мкм (до 10%). В это время отмечены два модальных класса — 10-20 мкм (43%) и 30-40 мкм (39%). Выделяется группа волокон

Диаметр мышечных волокон рыб (n=100)

Мышцы	Возраст рыб							
	7 дней	12 дней	24 дня	42 дня	53 дня	5 месяцев	7 месяцев	24 месяца
Белые	11,47 ± 0,17	15,95 ± 0,50	19,03 ± 0,55	22,70 ± 0,75	26,40 ± 1,00	49,88 ± 0,98	49,87 ± 1,17	92,38 ± 1,92
Красные	...	...	...	...	...	15,47 ± 0,34	15,03 ± 0,41	72,18 ± 1,87

Плотность и соотношение тканей в белых мышцах тилапии (n=6)

Показатель	Возраст рыб							
	7 дней	12 дней	24 дня	42 дня	53 дня	5 месяцев	7 месяцев	24 месяцев
Плотность волокон, шт./мм ²	7379 ± 956	3674 ± 546*	3036 ± 277**	1635 ± 119**	1167 ± 110***	363 ± 17***	310 ± 8***	189 ± 12***
<i>В % от площади среза</i>								
Мышечная ткань	...	...	...	77,36 ± 2,06	83,52 ± 1,81*	56,56 ± 0,67***	55,35 ± 0,90***	64,15 ± 0,92***
Соединительная ткань	...	...	...	22,22 ± 1,94	15,74 ± 1,39*	43,44 ± 0,67***	44,66 ± 0,91***	35,67 ± 0,76***
Жировая ткань	...	...	...	0,42 ± 0,21	0,74 ± 0,56	0	0	0,18 ± 0,18



с классовым промежутком 40-50 мкм (6%). В возрасте 42 дней доля мышечных волокон, занимающих левую часть гистограммы, продолжает снижаться (более мелкие), а правую — возрастать. Количество волокон с диаметром более 40 мкм в это время составляет около 40%. Особенностью следующего этапа роста белых мышц является уменьшение в 2 раза числа волокон с диаметром 20-30 мкм и сохранения их доли в следующем классовом промежутке. Кроме того, появляется небольшая группа волокон с диаметром более 60 мкм (около 2%).

У рыб, достигших длины 9,5 см (возраст 5 месяцев), самые мелкие белые волокна отсутствуют (классовый промежуток 0-10 мкм). Вершина гистограммы продолжает постепенно смещаться вправо, и модальной группой становятся волокна с диаметром от 50 до 60 мкм. Около 2% волокон имеют диаметр от 80 до 90 мкм (рис. 2).

В дальнейшем (у 7-месячных рыб) за счет уменьшения доли волокон диаметром от 10-30 мкм до 20%, увеличивается количество этих структурных единиц в диапазоне 30-40 мкм. При этом фактически присутствуют два модальных класса приблизительно по 25% волокон в каждом — 40-50 мкм и 50-60 мкм. Наблюдаются группы волокон, размеры поперечного среза которых выходят за пределы 90 мкм и даже 100 мкм.

У 24-месячных рыб в белых мышцах отсутствуют волокна размером до 40 мкм. Наблюдается 3 модальные группы: 80-90, 90-100 и 100-110 мкм (по 14—15% в каждой). До 10-12% волокон имеют диаметр более 110 мкм. Таким образом, в постнатальном онтогенезе в белой мышечной ткани нильской тилапии процессы гиперплазии постепенно затухают, и они замещаются гипертрофией волокон.

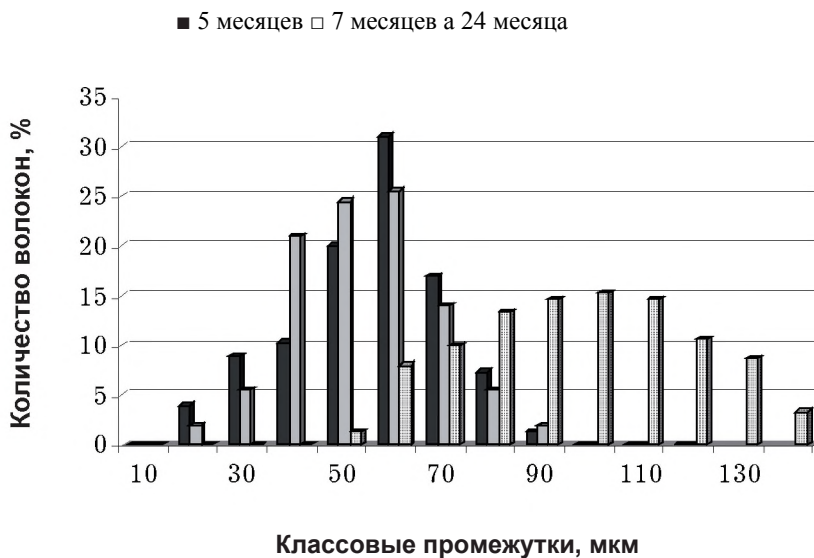


Рис. 2. Размерная структура волокон белой мускулатуры тилапии в возрасте 5-24 месяцев

Сходная картина наблюдается и в развитии красной мускулатуры (рис. 3). В возрасте 5 месяцев пик распределения волокон приходится на промежуток

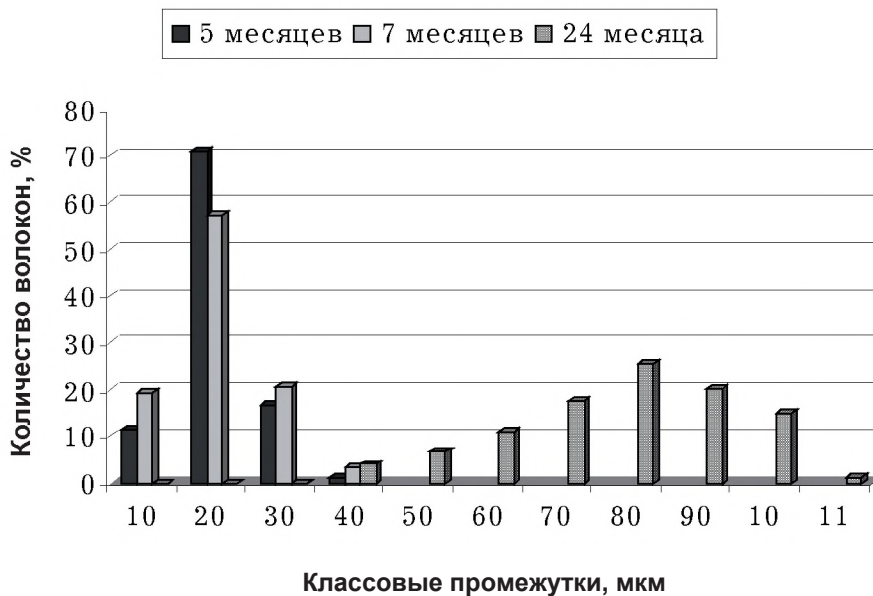


Рис. 3. Размерная структура волокон красной мускулатуры тилапии в возрасте 5-24 месяцев

10-20 мкм (свыше 70% волокон). В 7 месяцев — пик тот же, однако гистограмма выглядит более сглаженной: уменьшается количество волокон в классовом промежутке 10-20 мкм до 57%, а в промежутке до 10 мкм — увеличивается на 8%, что свидетельствует о преобладании гиперплазии над гипертрофией красных мышечных волокон.

У тилапии в возрасте двух лет диаграмма распределения волокон несколько сдвинута вправо. Наибольшее количество волокон красной мускулатуры приходится на промежуток 60-70 мкм (25,3%) и почти половина всех волокон находится в промежутке 60-80 мкм. Таким образом, на данном этапе развития красная мускулатура растет в большей степени за счет гипертрофии, однако тенденции к уравниванию диаметров волокон, как в белой мускулатуре, мы не наблюдаем.

Плотность волокон белых мышц по мере роста рыб уменьшается. Это обусловлено увеличением среднего диаметра волокон, а также изменением соотношения тканей в сторону увеличения соединительнотканного компонента. Количество волокон на единицу площади белых мышц достоверно ниже у рыб в возрасте 12 дней по сравнению с 7-дневными (в 2 раза, $P < 0,05$). Масса рыб при этом увеличивается в 2 раза, а длина — на 37,3%. В целом количество волокон в единице площади у производителей в 39 раз ниже, чем у недельной молоди.

Полученные данные свидетельствуют о том, что соотношение тканей, определяющее качество мяса рыб, подвержено возрастным изменениям. Незначительные включения жирового компонента уменьшаются в процессе роста, вплоть до его исчезновения. Количество мышечной ткани также подвержено колебаниям. Общая направленность заключается в ее уменьшении с возрастом рыб. У 42-дневных тилапий величина этого показателя на 20,5% выше, чем у производителей ($P < 0,001$). При этом у 7-месячных рыб содержание мышечного компонента на 13,7% ниже, чем у старших особей ($P < 0,001$).

Количество мышечной ткани изменяется в соответствии с колебаниями соединительнотканного компонента. В 5-7 месяцев наблюдается период более интенсивного роста соединительнотканного компонента, превышающего в 2 раза показатель 42-дневных рыб и на 20% — 24-месячных. В целом содержание соединительнотканного компонента с возрастом рыб существенно увеличивается (табл. 4).

Тилапии относятся к короткоциклическим рыбам. В реке Нил нилотика созревает в возрасте 9-12 месяцев при массе 150-300 г, а в рыбоводных установках в регулируемых условиях — в возрасте 6-9 месяцев при массе 250-500 г [12]. С возрастом относительная масса основных соматических структур (порка, тушка и белые мышцы), за исключением головы, у нильской тилапии увеличивается, что было отмечено ранее [9]. Это свидетельствует о повышении товарной ценности рыб старших возрастных групп.

Накопление массы у рыб происходит за счет порки, тушки и мышц, о чем свидетельствуют также степенные коэффициенты аллометрического уравнения ($b = 1,06-1,07$). У рыб массой 5-60 г величина этого показателя для мышц еще выше (1,20) [9]. Напротив, рост структур, входящих в состав головы, отстает от массы рыб в целом, т.е. в этом случае коэффициент $b < 1$ (отрицательная аллометрия). Коэффициент детерминации, свидетельствующий о тесноте взаимосвязи всех исследуемых количественных показателей с массой рыб, достаточно высок (не ниже 0,70).

Наращивание мышечной массы у рыб происходит благодаря двум процессам — гиперплазии и гипертрофии, которые имеют место на определенных этапах развития рыб и определяют скорость роста мышц и соответственно организма в целом. Соотношение между гиперплазией и гипертрофией, их роль в увеличении мае-

сы мускулатуры зависят от видовой принадлежности, возраста, конечных размеров рыб, морфофункционального типа мышц и других факторов [24, 25, 28]. Например, гиперплазия мышечных волокон у дорадо (*Spams aurata* L.) замедляется при вылуплении личинок, но затем существенно увеличивается. В период между 60-90 днями после вылупления наблюдается начало новой волны гиперплазии в белых осевых мышцах как пролиферацией новых ядер, так и мышечных волокон [23]. Существенное пополнение новыми мышечными волокнами наблюдается также у форели массой 25 г [16].

Средний диаметр волокон глубокой боковой мышцы рыб за период эксперимента увеличивается в 8 раз. Взаимосвязь размеров мышечных волокон с массой и длиной теляпии характеризуется отрицательной аллометрией. Она в большей степени выражена при анализе зависимости диаметра волокон от массы, нежели от длины рыб ($b = 0,188$ против $b = 0,575$; $P \leq 0,001$) ($R^2 = 0,83$). У форели между диаметром, длиной мышечных волокон, с одной стороны, и длиной рыб — с другой коэффициент детерминации составляет 0,86-0,93 и 0,94 соответственно [19]. Выявлена тесная корреляция между длиной рыбы с одной стороны и общей площадью среза белых мышц, размерами и количеством волокон у ювенильных особей атлантического лосося, с другой [15].

По нашим данным у нильской теляпии по мере роста отмечено постепенное уменьшение в белых осевых мышцах доли самых мелких волокон (0-10 мкм), которые в возрасте 5 месяцев уже отсутствуют. По данным Ф.В. Парфенова [9], у 2,5-3-месячных особей нет волокон менее 10 мкм, а отмечены более крупные волокна. Причем у короткоциклической теляпии, достигающей относительно небольших размеров, этот процесс происходит довольно быстро. В возрасте 24 месяцев белые мышцы рыб свободны от волокон диаметром менее 40 мкм. У 12% волокон диаметр превышает отметку 110 мкм. Подобные изменения наблюдаются и у других видов рыб. Пропорции волокон у личинок карпа с диаметром менее 10 мкм уменьшается с 72% при первом кормлении до 14% через 28 дней, в то время как количество волокон с диаметром более 20 мкм, которых не было при первом кормлении, увеличивается до 34% [14]. Модальный класс диаметров мышечных волокон с увеличением размера рыб смещается в правую часть гистограммы. У 24-месячной теляпии при длине 26,3 см и выше волокна диаметром менее 40 мкм в белых мышцах не встречаются. Подобная картина была отмечена у форели длиной более 50 см [27]. Пик роста мышц за счет гиперплазии и гипертрофии отмечен у плавающей молоди и нерестящихся самок форели.

У карпа длиной до 40 см рост мышц осуществляется за счет гиперплазии, а у более крупных преобладает гипертрофия [20]. Все это свидетельствует о том, что с момента достижения этими видами соответствующих размеров, рост мускулатуры происходит за счет увеличения диаметра уже существующих мышечных волокон.

Помимо этого морфометрические показатели мышц связаны со скоростью роста рыб. Быстрый рост и большие конечные размеры рыб связаны с длительным образованием новых мышечных волокон [19]. У быстрорастущей форели по сравнению с медленнорастущей в белых мышцах наблюдается более интенсивное и продолжительное образование новых волокон [26]. При сравнительном изучении различных видов теляпии и их гибридов установлено, что нилотика имеет наименьший диаметр мышечных волокон, что и определяет достаточно высокие темпы ее роста [9].

Структурные изменения в мышцах рыб определяют их качество как продукта питания. Плотность волокон с возрастом у теляпии уменьшается, что обусловлено

не только увеличением диаметра волокон, но и существенным возрастанием доли соединительной ткани (эндомизий). Это приводит к снижению мышечного компонента у старших возрастных групп рыб. Судя по полученным данным, белая мускулатура нильской тилапии содержит значительное количество соединительнотканых белков, поскольку содержание мышечного компонента у рыб массой 41-666 г составляет 55-64%. Подобный состав белых мышц у этого вида отмечен и другими авторами [8]. Уменьшение плотности волокон мышечной ткани у старших возрастных групп рыб связано с превалированием процесса гипертрофии над гиперплазией, что отмечено и другими исследователями. Величина этого показателя является необходимой составляющей строения и качества мяса рыб [17,18].

Заключение

Рост, изменение строения и качества мышц связаны с биологическими особенностями рыб. У нильской тилапии, как и у большинства видов, основными соматическими структурами, определяющими рост всего организма, являются порка, тушка и мышцы. Рост последних определяется двумя процессами: гипертрофией и гиперплазией, преобладающей на ранних стадиях развития ювенильных особей рыб. У двухгодовалых тилапий средней стандартной длиной 26,3 см рост мышц происходит за счет увеличения размеров уже существующих волокон. Мышечные волокна с диаметром менее 40 мкм у таких рыб отсутствуют. Взаимосвязь диаметра волокон с размерами рыб характеризуется отрицательной аллометрией ($b < 1$). Наименьший степенной коэффициент отмечен между диаметром мышечных волокон и массой рыб ($b = 0,188$). Взаимосвязь диаметра мышечных волокон и длины рыб выражается аллометрическим коэффициентом $b = 0,575$. С возрастом у нильской тилапии плотность волокон существенно снижается, что является общебиологической закономерностью, поскольку у большинства видов после достижения определенного размера рост мышц осуществляется за счет гипертрофии. По-видимому, масштабы увеличения размеров волокон определяются многими факторами: видовыми особенностями, условиями выращивания, качеством и количеством корма, плотностями посадки и др. Нильская тилапия имеет достаточно высокое содержание соединительной ткани в мышцах, что характерно и для особей других видов рода *Oreochromis*. Дальнейшие исследования морфологических показателей мышц различных видов рыб, культивируемых в искусственных условиях, будут способствовать получению рыбы необходимого качества для производства деликатесной пищевой продукции различных типов.

Библиографический список

1. Автандилов Г.Г. Морфометрия патологии. М.: Медицина, 1973. 248с.
2. Бугаец С.А. Продуктивные и биологические особенности нильской и красной тилапии и их реципрокных гибридов: автореф. ... канд. с.-х. наук. М., 1999. 24 с.
3. Зотин А.А. Статистическая оценка параметров аллометрических уравнений // Известия АН. Серия биологическая. 2000. №5. С. 517-524.
4. Кононский А.П. Гистохимия. Киев: Высшая школа, 1976. 278 с.
5. Кублицкас А.К. Методика изучения жировых запасов, мясистости и весовых частей тела рыб // Типовые методики исследования продуктивности видов в пределах их ареалов. Вильнюс, 1976. 4.П. С. 104-109.

6. *Панов П.П.* Развитие мускулатуры радужной форели в зависимости от возраста, пола и периода нагула // Известия ТСХА. 1987. Вып. 5. С. 144-150.

7. *Панов В.П., Привезенцев Ю.А., Парфенов Ф.В.* Морфофизиологические особенности двух видов тилапии (*Oreochromis sp.* и *O. niloticus*) и их реципрокных гибридов в онтогенезе // Известия ТСХА. 1998. Вып. 1. С. 173-182.

8. *Парфенов Ф.В.* Гистоструктура глубокой боковой мышцы молоди тилапий красной, нильской и их реципрокных гибридов // Проблемы индивидуального развития с.-х. животных: сб. научн. тр. Украинского национального аграрного университета. Киев, 1997. С. 54.

9. *Парфенов Ф.В.* Морфофизиологические особенности красной тилапии (*Oreochromis sp.*), нильской тилапии (*O. niloticus*) и их реципрокных гибридов: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 1998. 16 с.

10. *Плохинский Н.А.* Биометрия. М., 1980. 367 с.

11. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая пром-сть, 1966. 96 с.

12. *Привезенцев Ю.А.* Тилапии (систематика, биология, хозяйственное использование). М.: Столичная типография, 2008. 80 с.

13. *Привезенцев Ю.А.* Тилапии (систематика, биология, хозяйственное использование) / РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. М., 2011. 122 с.

14. *Alami-Durante P., Fauconneau B., RoveIM., EscaffreA.NI, BercotP.* Growth and multiplication of white skeletal muscle fibres in carp larvae in relation to somatic growth rate // J. Fish Biol. 1997. Vol. 50 (6). P. 1285-1302.

15. *BjornevikNI, Beattie T., Hansen A., KiesslingA.* Muscle growth in juvenile Atlantic salmon as influenced by temperature in the egg and yolk sac stades and diet protein level // J. Fish Biol. 2003. Vol. 62 (5). P. 1159-1175.

16. *Johansen K.A., Overturf K.* Quantitative expression analysis of genes affecting muscle growth during development of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Marine Biotechnology. 2005. Vol. 7(6). P. 576-587.

17. *Johnston I.A., Manthri S., Alderson R., Campbell P., Mitchell D., Whyte D., Dingwall A., Nichell I., Selkirk C., Robertson B.* Effects of dietary protein level on muscle cellularity and fresh quality in Atlantic salmon with particular reference to gaping // Aquaculture. 2002. Vol. 210. P. 259-283.

18. *Johnston I.A., li X., Viera VIA., Nikhell D., Dingwall A., Alderson R., Campbell P., Bickerdike R.* Muscle and flesh quality traits in wild and farmed Atlantic salmon // Aquaculture. 2006. Vol. 256. P. 323-336.

19. *Kiessling A., Storebakken T., Asgard T., Kiessling K.-H.* Change in the structure and function of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age: I. Growth dynamics // Aquaculture. 1991. Vol. 93 (4). P. 335-356.

20. *Koumans J.T.M., Akster HA., Booms G.H.R., Osse J.W.M.* Growth of carp (*Cyprinus carpio*) white axial muscle; hyperplasia and hypertrophy in relation to the myonucleus/sarcoplasm ratio and the occurrence of different subclasses of myogenic cells // J. Fish Biol. 1993. Vol. 43(1). P. 69-80.

21. *lor an R.* Adaptability of *Tilapia nilotica* to various salinity conditions // Bamidgeh. 1960. Vol. 12(4). P. 96-99.

22. *Payne A.I., Collinson R.I.* A comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon niloticus* (L) with those of *S. aureus* (Steindachner) and other tilapia of the delta and lower Nile // Aquaculture. 1983. Vol. 30 (1-4). P. 335-351.

23. *Rowlerson A., Mascarello F., Radaelli G., Veggetti A.* Differentiation and growth of muscle in the fish *Sparus aurata* (L); II. Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle from hatching to adult // J. Muscle Res. And Cell Motility. 1995. Vol. 16(3). P. 223-236.

24. *Stickland N.C.* Growth and development of muscle fibres in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // J. Anat. 1983. Vol. 137. № 2. P. 323-333.

25. *Stoilber W., Maslett J.R., Wenk R., Steinbacher P., Gollmann H.-P., Sanger A.M.* Cellularity in developing red and white fish muscle at different temperatures: simulating natural environmental conditions for a temperate freshwater cyprinid // J. Exp. Biol. 2002. Vol. 205. P. 2349-2364.

26. Valente L.M.P., Rocha E.R.A., Gomes E.F.S., Silva N.W., Oliveira R.S.O. Growth dynamics of white and red muscle fibres in fast-and slow-growing strains of rainbow trout // J. Fish Biol. 1999. Vol. 55(4). P. 675-691.
27. Weatherlev A.H., Gill H.S. Characteristics of mosaic muscle growth in rainbow trout *Salmo gairdneri*//Experientia. 1981. Vol. 37. P. 1102-1103.
28. Weatherlev A. H., Gill H.S., Rogers S.C. The relationship between mosaic muscle fibres and size in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // J. Fish Biol. 1980. Vol. 17. P. 603-610.

THE GROWTH OF SOMATIC STRUCTURES AND MORPHOMETRIC
CHARACTERISTIC OF SKELETAL MUSCLES OF ANILE TILAPIA
(*OREOCHROMIS NILOTICUS* L.)

A.V. ZOLOTOVA, V.P. PANOV, YU.I. YESAVKIN

(RSAU-Timiryazev MAA)

The article deals with some data on the development of fish morphological structures determining their growth on fish-farms. Changes of relative body weight excluding viscera, fish trunk and muscles in post-natal ontogenesis of a Nile tilapia are considered. The values of skeletal muscles fibres, their density, and also the ratio of tissues, indicators determining the quality of fish meat, are provided. For studying growth features of somatic structures the parameters of allometric equations were calculated.

Key words: histological structure of muscles, Nile tilapia, allometric equations, red and white muscles, hyperplasia, hypertrophy.

Золотова Анастасия Владимировна — к. б. н., доцент кафедры физиологии, морфологии и биохимии животных РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (499) 976-12-73; e-mail: avzolutova@gmail.com).

Панов Валерий Петрович — д. б. н., проф. кафедры физиологии, морфологии и биохимии животных РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. E-mail: panowal@gmail.com.

Есавкин Юрий Иванович — д. с.-х. н., доцент кафедры пчеловодства и рыбоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел.: 8 (499) 976-00-09.