

УДК 597—147.3:597.554.3

Клеточный рост мускулатуры карпа (краткое сообщение)*A.A. Яржомбек¹, E.I. Шило²*¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва² Белгородский государственный аграрный университет (ФСБСИ «БГАУ»), г. Белгород
E-mail: jarzhambek@yandex.ru

Исследована динамика роста мышечных волокон мускулатуры карпа *Cyprinus carpio* при выращивании в прудовых хозяйствах Белгородской области от личинки длиной 7 мм (1 мг) до товарной массы 1,2 кг (35–36 см). Средние величины толщины мышечных волокон по мере роста рыбы постепенно увеличивались от 3,2 мкм до 36,5–37,2 мкм. Полученные данные позволяют описать характеристики клеточного роста туловищной мускулатуры карпа в процессе выращивания в прудах от личинки до товарной массы. Длина мышечных волокон увеличивается в 50 раз. Средняя величина поперечника мышечных волокон увеличивается в 11,6 раза. Средняя площадь поперечника мышечных волокон увеличивается в 133,7 раза. Средний объём мышечного волокна увеличивается в соответствии с ростом длины и толщины в 6685 раз. При товарном выращивании карпа рост мышечного волокна отстает от роста массы тела в 179,5 раза. Процессы деления и новообразования волокон сильно преобладают над процессами роста объёма волокон.

Ключевые слова: карп *Cyprinus carpio*, рост, мышечные волокна.

Мускулатура рыбы, «мясо» — основная субстанция, ради которой осуществляется рыболовство и рыбоводство. Основу туловищной мускулатуры составляют мышечные волокна — гигантские многоядерные синцитии. Длина волокон определяется расстоянием между соединительно-тканными перегородками (миосептами), разделяющими миомеры. Поэтому, рост длины волокон пропорционален росту длины тела рыбы. Волокна имеют некоторый поперечник (толщину) и плотно укладываются в мускулатуре в окружении внеклеточного «эндомизия» (рис. 1). Число волокон увеличивается по мере роста сечения тела рыбы, которое, в свою очередь, пропор-

ционально квадрату длины тела. Объём мышечного волокна увеличивается по мере роста его длины и площади поперечного сечения в процессе развития и роста рыбы. При росте мышечной массы рыбы имеют место как гипертрофия (увеличение размера), так и гиперплазия (увеличение числа) мышечных волокон [Яржомбек, 2011].

Карп — важнейший и известнейший объект пресноводной аквакультуры. При товарном выращивании каждая особь вырастает от личинки с массой приблизительно 1 мг до желательной товарной массы порядка 1 кг, т.е. в 1000 000 раз. Приблизительно во столько же раз увеличивается масса «мяса» (56–59%

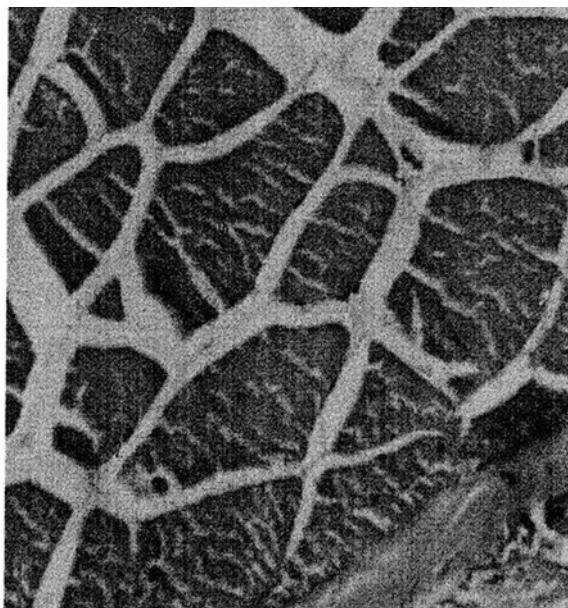


Рис. 1. Микрофотография поперечного среза мускулатуры

массы тела). Пересчитать число мышечных волокон и оценить динамику их умножения в процессе роста в принципе возможно, но весьма затруднительно. Материал для оценки процесса клеточного роста можно получить, определяя величины поперечников волокон на гистологических препаратах. Длина волокон в соответствии с увеличением в процессе роста тела толщины миомеров увеличивается пропорционально длине тела, т.е. в данном случае от 0,7 см до 37 см — более чем в 50 раз (табл.). Площадь поперечного сечения тела на разных участках увеличивается как квадрат длины, т.е. в $50^2 = 2500$ раз. Если бы поперечники волокон не изменялись в процес-

се роста рыбы, то их число должно было бы возрасти во столько же раз. Однако, известно, что рост мышечных волокон в процессе роста рыбы имеет сложный характер [Панов, 1987; Смирнов, 1989; Яржомбек, 2011]. Это должно влиять на организацию нервно-мышечной, двигательной системы в процессе роста рыбы.

Нами было предпринято исследование клеточной структуры туловищной мускулатуры карпа в процессе роста в прудовых хозяйствах Белгородской области. На гистологических препаратах поперечных срезов мускулатуры, приготовленных по общепринятой методике [Микодина и др., 2009] определялись величины поперечников мышечных волокон. Измерения проводились при помощи микроскопа Axiostar Carl Zeiss с цифровой фотокамерой и программным обеспечением Axiovision. Характеристика использованного материала и полученные материалы приводятся в таблице.

Данные таблицы и графика (рис. 2) показывают, что по мере роста карпа средние величины поперечников мышечных волокон увеличивались от 3,2 мкм до 36,5–37,2 мкм, т.е. более чем в 10 раз ($37 : 3,2 = 11,6$). В соответствии с этим средняя площадь сечения волокна увеличилась в процессе роста более чем в 100 раз ($11,6^2 = 134,6$). Особенно быстро утолщались мышечные волокна в течение первого месяца жизни. Далее увеличение толщины волокон происходило менее интенсивно. Кризиса увеличения толщины мышечных волокон (мкм) по мере роста длины тела может быть аппроксимирована формулой $y = 7,4 \ln x + 9,2$ ($r^2 = 0,92$).

Таблица. Характеристика использованного материала

Стадия выращивания, возраст	Масса тела, г	Длина, см	Поперечник волокна, мкм
Личинка, 3 сут	~0,001	0,7	3,2±0,13
Личинка, 13 сут	~0,036	1,2	14,0±0,34
Малёк, 33 сут	0,41±0,1	2,4	19,7±0,74
Сеголеток, 3-летнее выращивание, 120 сут	15,2±0,5	7,7	18,4±0,5
Сеголеток, 2-летнее выращивание, 135 сут	123±10	15,8	30,5±0,3
Годовик, 2-летнее выращивание, 500 сут	260±10	20,4	30,5±1,4
2-годовик, 3-летнее выращивание, 500 сут	1220±25	35,0	37,2±1,4
3-годовик, 2-летнее выращивание, 860 сут	1250±30	36,5	36,5±1,3

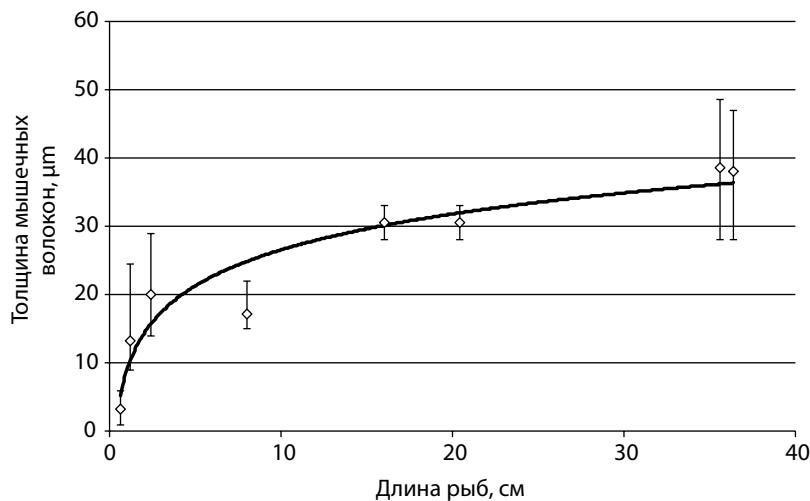


Рис 2. Изменение толщины волокон по мере роста карпа

Полученные данные позволяют описать характеристики клеточного роста туловищной мускулатуры карпа в процессе выращивания в прудах от личинки до товарной массы.

1. Длина мышечных волокон увеличилась в 50 раз (изометрически с ростом длины тела).

2. Средняя величина поперечника мышечных волокон увеличилась более чем на десятичный порядок ($37 \text{ мкм} : 3,2 \text{ мкм}$).

3. Средняя площадь сечения мышечных волокон увеличилась в почти в 134 раза (как соотношение квадратов конечной и начальной величин поперечников ($37 \text{ мкм}^2 : 3,2 \text{ мкм}^2$).

4. Средний объём мышечного волокна увеличился в соответствии с ростом длины и толщины более чем в 6,5 тысячи раз ($133,7 \times 50$).

5. При товарном выращивании карпа рост мышечных волокон отстает от роста массы тела почти в 180 раз ($1200\,000 : 6685$), т.е. процессы деления и новообразования волокон сильно преобладают над процессами роста объёма волокон. По-видимому, при развитии мускулатуры достигается компромисс между непомерной гипертрофией мышечных волокон и огромным увеличением числа (гиперплазией) двигательных нервных элементов.

ЛИТЕРАТУРА
Микодина Е. В., Седова М. А., Чмилевский А. А.
2009. Гистология для ихтиологов. М.: Изд-во ВНИРО. 112 с.

Панов В. П. 1987. Развитие мускулатуры радужной форели в зависимости от возраста, пола и периода нагула Belgorod // Известия ТСХА. Вып. 5. С. 144–145.

Смирнов А. Н. 1989. Рост мышц и мышечных волокон у канального сома (*Ictalurus punctatus*) // Интенсивная технология в рыбоводстве. М.: ТСХА. С. 98–107.

Яржомбек А. А. 2011. Закономерности роста промысловых рыб. М.: Изд-во ВНИРО. 200 с.

REFERENCES

- Mikodina E. V., Sedova M. A., Chmilevski A. A.
2009. Gistologiya dla ichtiologov [Histology for ichthyologists]. M.: Izd-vo VNIRO. 112 s.
- Panov V. P. 1987. Razvitie muskulatury raduzhnay foreli v zavisimosti ot pola i perioda nagula [The development of muscle of rainbow trout depending on the sex and fattening period] // Izvestiya TSKHA. Vyp. 5. S. 144–145.
- Smirnov A. N. 1989. Rost myshtz i myshechnyh volokon u kanal'nogo soma (*Ictalurus punctatus*) [Muscle and muscle fiber growth in channel catfish (*Ictalurus punctatus*)] // Intensivnaya tehnologiya v rybovodstve. M.: TSKHA S. 98–107.
- Yarzhombek A. A. 2011. Zakonomernosti rosta promyslovych ryb [Patterns of commercial fish growth]. M.: Izd-vo VNIRO. 200 s.

Поступила в редакцию 31.03.2017 г.
Принята после рецензии 17.04.2017 г.

Cell growth in the muscle of carp (short communication)

A.A. Yarzhombek¹, E.I. Shilo²

¹Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

²Belgorod State Agricultural University (FSBSI «BSAU»), Belgorod

We investigated the muscle fibers growth of carp *Cyprinus carpio* in Belgorod region ponds from 1 mg, 7 mm (larvae) to 1 kg, 37 cm (commodity fish). The average fibers thickness during the fish growth increased gradually from 3.2 μm to 37 μm . The data allow to describe the muscle fibers growth: the length of the fibers in 50 times, the average thickness more than 10 times, the average area of cross- section more than in 100 times and average volume more than in 6.5 thousand times. The muscle fibers growth was slower than body growth almost in 180 times. Processes of increase in the fibers number strongly prevailed over fibers volume growth.

Key words: carp *Cyprinus carpio*, growth, muscle fibers.