

УДК 639.371/.374
DOI: 10.7868/S25000640200208

ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ КЕФАЛИ ПИЛЕНГАС В УСТАНОВКЕ С ЗАМКНУТЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ

© 2020 г. Д.С. Тажбаева¹, М.В. Коваленко^{1,2}, А.В. Старцев^{1,2}, Т.В. Арутюнян²

Аннотация. Одним из важнейших направлений современной аквакультуры является разработка и адаптация биотехники выращивания различных ценных видов рыб в управляемых условиях водной среды, бассейновых хозяйствах прямоточного и замкнутого цикла. В работе приведены результаты исследования роста и развития пиленгаса *Liza haematocheilus* (Temminck & Schlegel, 1845) в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ). Процесс выращивания проходил при полном контроле параметров водной среды: температуры, содержания кислорода, pH и скорости течения. Установлено, что увеличение светового периода при выращивании старших возрастных групп пиленгаса увеличивает интенсивность роста рыб до двух раз. Использование высокобелковых кормов с содержанием протеина более 50 % позволило обеспечить прирост рыбы на 55–58 %, сократить сроки выращивания, увеличить выживаемость объекта до 80 %, снизить кормовые затраты при высокой плотности посадки до 50 кг/м³. Физиологические показатели исследуемых объектов находились в пределах нормы. Проведены исследования по влиянию добавок (линетол и фосфатидов) к комбикорму для рыб на гематологические показатели трехлеток и четырехлеток пиленгаса в сравнении с анализом крови рыб, выловленных в природных условиях.

Ключевые слова: аквакультура, пиленгас, освещенность, показатели крови, рост рыб, установка замкнутого водоснабжения.

FEATURES OF GROWING REDLIP MULLET IN A RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM

D.S. Tazhbaeva¹, M.V. Kovalenko^{1,2}, A.V. Startsev^{1,2}, T.V. Arutyunyan²

Abstract. The development and adaptation of biotechnics of rearing for various valuable fish species in controlled environmental conditions: water direct-flow and recirculated water systems (RAS), is one of the most important directions of aquaculture. The data on redlip mullet *Liza haematocheilus* (Temminck & Schlegel, 1845) growth and development in RAS are presented. The process of fish rearing was carried out under total control of environmental parameters: water temperature, oxygen content, pH and water flow rate. It was found for redlip mullet older age groups that the lengthening of the light time period of rearing increased the intensity of fish growth rate up to two times. It was important that the growing rate of redlip mullet depended not only on illumination, but on the balance of food too. High-protein foods (protein content more than 50 %) are essential for commercial rearing of mullets. This made possible to ensure fish growth rate by 55–58 % with good physiological indexes, reduced the growing time, increased fish survival rate up to 80 % and reduced feed costs under fish densities up to 50 kg/m³. The physiological parameters of mullets were within the norm. Studies were also conducted to consider the effect of fish feed additives (linaetholum and phosphatides) to the hematological indicators of three- and four-year-olds of redlip mullet in comparison with the blood analysis of fish caught in the wild.

Keywords: aquaculture, haarder, illumination, blood indexes, fish growth, water recirculated system.

¹ Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: d.tazhbaeva@yandex.ru

² Донской государственный технический университет (Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

ВВЕДЕНИЕ

Пиленгас *Liza haematocheilus* (Temminck & Schlegel, 1845) – один из немногих видов рыб-акклиматизантов, ставших объектами рыбного хозяйства, причем его хозяйственное значение более велико в водоемах вселения, чем в естественном ареале [1].

Несмотря на достаточные промысловые запасы пиленгаса, на протяжении уже ряда лет исследователи занимаются искусственным его разведением в южной части Европейской России и на Украине в условиях аквакультуры [2; 3]. Выращивание производится в соленой, солоноватой и пресной воде в садках и бассейнах, в искусственных прудах Ростовской области и Краснодарского края, в Пролетарском водохранилище и водохранилищах Манычского каскада, в водоеме-охладителе Курской АЭС [4]. Кроме того, ведутся исследования по выращиванию пиленгаса в условиях замкнутого водообеспечения, что является актуальным в современный период [1–3].

При выращивании пиленгаса необходимо исследование различных факторов среды, создающихся в условиях замкнутого водоснабжения (УЗВ). Одним из важнейших показателей является освещенность, воздействие которой описано для карповых рыб, сома, форели, сигов [5], однако данных по ее влиянию на пиленгаса в бассейновых условиях нами не обнаружено.

Согласно опубликованным данным [5], световой период важен как для роста, так и развития рыб, оказывает прямое воздействие на них при поиске кормовых объектов, на интенсивность питания и усвоение пищи. При культивировании в промышленных условиях, особенно в УЗВ, освещенность является одним из наиболее важных факторов.

В аквакомплексе Южного научного центра Российской академии наук (ЮНЦ РАН) с 2016 г. [6; 7] проводятся исследования по выращиванию пиленгаса в УЗВ, целью которых являлась разработка биотехнологии для адаптации и подращивания молоди кефали в контролируемых условиях среды до товарной массы при использовании кормов, способствующих быстрому набору массы рыб.

В работе представлены данные по влиянию освещенности на пиленгаса при содержании в УЗВ на разных этапах развития, адаптации рыб к условиям выращивания и влиянию факторов внешней среды на физиологическое состояние рыб.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работы проводили на научно-экспедиционной базе «Кагальник» (Ростовская область) в аквариальном комплексе ЮНЦ РАН в 2018–2020 гг. Материалом служили сеголетки и старшие возрастные группы пиленгаса, адаптированные к искусственной среде обитания.

Экспериментальное выращивание пиленгаса осуществляли в установке замкнутого водоснабжения, оснащенной системой биомеханической очистки (напорный песочный фильтр Kripsol Granada 600 с песком крупной фракции (2,5–3,5 мм) в качестве фильтрующего материала). Использовали квадратные бассейны с закругленными углами размерами 2 × 2 × 0,75 м. Ежедневно осуществляли замену 20 % объема воды на свежую. Для поддержания необходимого уровня кислорода для дыхания рыб использовали мембранный компрессор Sonic P-85 производительностью 80 л/мин и минеральных камней – распылителей воздуха. Кормление рыб (1,8 % от биомассы) проводили вручную, 2 раза в сутки, равными порциями, комбикормом «BioMag»

Таблица 1. Гидрохимические показатели во время эксперимента
Table 1. Hydrochemical indicators during the experiment

Параметры Parameters	Норматив Standard	Опыт Experience	Контроль Control
Кислород, мг/л / Oxygen, mg/l	не ниже 6 / 6 or higher	6,9–9,6	6,8–9,7
Температура, °С / Temperature, °C	16–24	20,5–23,5	20,2–22,5
pH	6–9	6,0–8,2	6,4–8,1
Азот аммонийный (NH ₄ ⁺), мг/л Ammonium nitrogen (NH ₄ ⁺), mg/l	до 0,2 / up to 0,2	0,1–0,2	0,2–0,25
Нитриты (NO ₂), мг/л / Nitrites (NO ₂), mg/l	до 0,3 / up to 0,3	0,04–0,22	0,1–0,3
Нитраты (NO ₃), мг/л / Nitrates (NO ₃), mg/l	до 0,2 / up to 0,2	0,15–0,25	0,19–0,6
Фосфаты, мг/л / Phosphates, mg/l	до 3 / up to 3	0,37–1,6	0,37–1

(Дания). Проведены исследования по влиянию добавок (линетола и фосфатидов) к комбикорму для рыб на гематологические показатели трехлеток и четырехлеток пиленгаса в сравнении с анализом крови рыб, выловленных в природных условиях. Линейно-весовые показатели определяли по стандартной методике [8]. Абсолютный прирост массы рассчитывали по разности между конечной и начальной массой рыб [9].

Для выращивания товарного пиленгаса была использована небольшая установка, которую можно было эксплуатировать на протоке (речная вода) в летнее и осенне-зимнее время как УЗВ.

Качество среды в рыбоводных емкостях во время выращивания отвечала биотехническим нормативам по искусственному разведению пиленгаса [10]. Процесс выращивания проходил при полном контроле параметров водной среды: температу-

ры, содержания кислорода, pH и скорости течения воды в УЗВ. При посадке рыбы водообмен в бассейнах составлял 20–25 минут (в зависимости от фильтрации). Выращивание проводили в воде с соленостью 2–3 г/л. Температура воды колебалась от 19 до 22 °С, содержание в воде растворенного кислорода не опускалась ниже 7,5 мг/л при среднем значении 8,1 мг/л. Освещенность колебалась в диапазоне 30–150 люкс.

В УЗВ были проведены эксперименты по влиянию длительности светового периода на рост пиленгаса. Для проведения эксперимента кефаль рассадили в два бассейна при плотности посадки 40 кг/м³, в двух повторностях. Гидрохимические показатели в период проведения эксперимента находились в допустимых пределах [10] (табл. 1). Световой период был увеличен в опыте на 2 часа с использованием ламп дневного света, и его дли-

Таблица 2. Показатели выращивания пиленгаса при разных световых режимах
Table 2. Indicators of growing redlip mullet under different light conditions

Показатели Indicators	Опыт Experience	Контроль Control
Масса начальная, г / Initial weight, g	520 ± 20,1	580 ± 29,1
Масса конечная, г / Final weight, g	815 ± 23,6*	726 ± 23,1
Коэффициент упитанности по Фультону, ед. / Fulton fatness coefficient, units	1,5	1,3
Абсолютный прирост, г / Absolute increase, g	295	146
Среднесуточный прирост, г/сутки / Average daily gain, g/day	9,8*	4,8
Коэффициент накопления массы, ед. / Mass accumulation coefficient, units	0,11*	0,06
Выживаемость, % / Survival, %	98	97
Продолжительность опыта, сутки / Duration of the experiment, days	30	30

Примечание. * – различия достоверны при $P \leq 0,05$.

Note. * – differences are significant at $P \leq 0.05$.

Таблица 3. Динамика роста сеголеток и четырехлеток пиленгаса в УЗВ

Table 3. Growth dynamics of young-of-the-year and four-year-old redlip mullets in recirculating aquaculture system

Показатели Indicators	Сеголетки Fingerlings	Пиленгас (3+) Redlip mullet (3+)
Масса начальная, г / Initial weight, g	25,3 ± 1,9	487,6 ± 28,4
Масса конечная, г / Final weight, g	118 ± 12,2	1667 ± 89,5
Абсолютный прирост, г / Absolute increase, g	92,7	1179,4
Среднесуточный прирост, г/сутки / Average daily gain, g/day	0,26	3,28
Среднесуточная скорость роста, % / Average daily growth rate, %	0,43	0,34
Коэффициент массонакопления, ед. / Mass accumulation coefficient, units	0,016	0,032
Длина начальная, см / Initial length, cm	12,7 ± 0,41	36,4 ± 0,79
Длина конечная, см / Final length, cm	21,4 ± 0,58	50,4 ± 0,95
Коэффициент упитанности по Фультону начальный, ед. Fulton's initial fatness coefficient, units	1,23	1,01
Коэффициент упитанности по Фультону конечный, ед. Fulton's final fatness coefficient, units	1,20	1,3
Продолжительность выращивания, сутки / The duration of cultivation, days	360	360

тельность составила 14 часов, в контрольной группе – 12 часов. Было проведено 12 контрольных измерений с целью определения линейно-весовых показателей пиленгаса.

Физиологическое состояние пиленгаса оценивали с помощью обследования крови особей, выловленных в Таганрогском заливе, и рыб, адаптированных к условиям УЗВ [11].

Обработку материала проводили с помощью общепринятых методов вариационной статистики [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Увеличение светового периода оказало положительное влияние на рост кефали. Результаты эксперимента представлены в таблице 2. Установлено, что рост пиленгаса в эксперименте был в 2 раза интенсивнее, чем в контрольной группе. Среднесуточный прирост и коэффициент накопления массы были выше в опыте и составили 9,8 г и 0,11 ед. соответственно.

Анализ результатов выращивания позволил определить динамику показателей роста на каждом этапе (табл. 3). Абсолютный прирост имел различия в разные периоды и варьировал у сеголеток от 3 до 13,9 г, а у четырехлеток (3+) от 22,8 до 296,5 г.

По литературным данным [13], увеличение темпа роста пиленгаса в естественных условиях прослеживается у всех возрастных групп, но, как хорошо видно при сравнении пиленгаса из разных мест обитания, наиболее существенные отличия отмечаются в массе тела. У азовских особей масса в 2 и более раз выше, чем у одновозрастных дальневосточных сородичей. Высокий темп линейного роста сохраняется до шестилетнего возраста, и лишь позже наблюдается его снижение. Приросты массы остаются высокими практически в течение всего периода жизни. Вследствие присущего пиленгасу полового диморфизма самки, как правило, имеют большие линейно-массовые показатели, чем самцы.

Среднесуточный прирост массы у сеголеток пиленгаса варьировал в пределах от 0,1 до 0,51 г/сутки на разных этапах, а за весь период выращивания в УЗВ составил 0,26 г/сутки. У четырехлеток (3+) за весь цикл выращивания среднесуточный прирост был 3,28 г/сутки, а в разные периоды имел значение от 0,76 до 9,88 г/сутки (рис. 1).

У сеголеток пиленгаса среднесуточная скорость роста за весь период наблюдений составила 0,43 %,

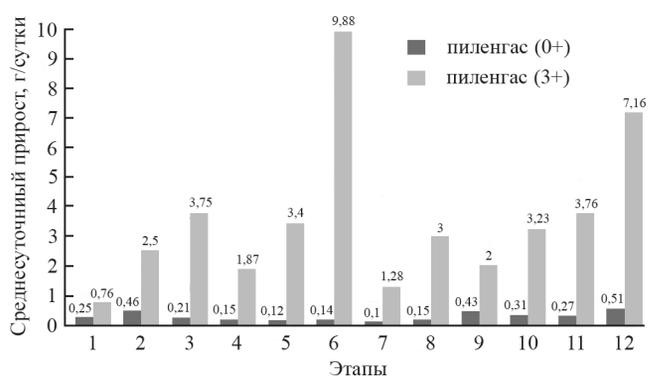


Рис. 1. Показатели среднесуточного прироста поэтапного выращивания пиленгаса.

Fig. 1. Indicators of the average daily incremental of the phased cultivation of redlip mullet.

при этом она менялась на разных этапах в диапазоне от 0,15 до 1,18 %. Среднесуточная скорость роста четырехлеток (3+) составляла 0,34 %, различаясь на каждом этапе исследований в пределах 0,12–0,72 % (рис. 2).

Коэффициент массонакопления сеголеток пиленгаса варьировал от 0,006 до 0,039 ед., а за весь период в среднем составил 0,016 ед. За весь цикл выращивания четырехлеток (3+) он составил 0,032 ед., а на каждом этапе различался в пределах от 0,01 до 0,07 ед. (рис. 3).

В природе основу рациона кефали составляет детрит, в состав которого преимущественно входят остатки диатомовых и зеленых водорослей. Кроме того, в пищевом комке рыб можно обнаружить простейшие животные и растительные организмы и мелких представителей бентоса, обитающих в местах нагула в илистых грунтах или на их поверхности. На основании проведенных исследований установлено, что для роста кефали необходимы

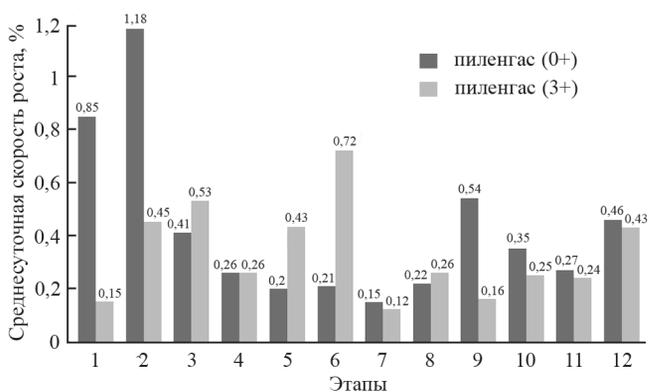


Рис. 2. Показатели среднесуточной скорости роста поэтапного выращивания пиленгаса.

Fig. 2. Indicators of the average daily growth rate of the phased cultivation of redlip mullet.

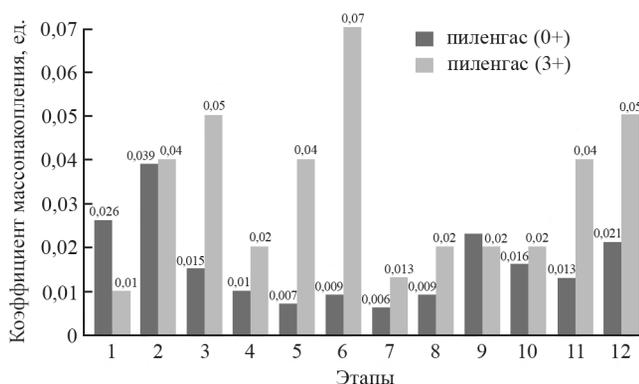


Рис. 3. Показатели коэффициента массонакопления поэтапно выращивания пиленгаса.

Fig. 3. Indicators of mass accumulation coefficient of step-by-step cultivation of redlip mullet.

высокобелковые корма с содержанием протеина более 50 % при обеспеченности протеином $\omega 3$ и докозагексаеновой жирной кислотой (22 : 6) на уровне 24 и 13–14 ед. соответственно, липидов – 12 %, углеводов – 23–27 %, клетчатки – 2,0–2,6 %. Такой состав обеспечивает прирост рыбы на 55–58 % при хорошем физиологическом состоянии кефали.

Биотехнология выращивания пиленгаса состоит из двух последовательных этапов: подращивания молоди и выращивания товарной рыбы. На основании проведенных исследований были разработаны методические рекомендации для товарного выра-

щивания пиленгаса в условиях замкнутого водоснабжения (табл. 4). Это позволило сократить сроки выращивания рыб, увеличить их выживаемость (до 80 %), снизить кормовые затраты при высоких плотностях посадки (до 50 кг/м³).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПИЛЕНГАСА В УЗВ

Пиленгас – эврибионтный вид, имеющий широкую экологическую пластичность. Эти рыбы способны расти в диапазоне температуры от +0,4 до +35 °С, солености – от 0 до 60 ‰, содержания кислорода – от 0–1 до 7–10 мг/л [14]. В экспериментальных условиях были определены параметры водной среды (температура, содержания кислорода, рН) в УЗВ, которые оказывали оптимальное воздействие на физиологические показатели крови.

Содержание гемоглобина в крови пиленгаса находилось в пределах физиологической нормы и составило 69,4 г/л в естественной среде и 87 г/л в УЗВ, что является признаком отсутствия воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на организм рыб.

Таблица 4. Методические рекомендации для товарного выращивания пиленгаса

Table 4. Methodical recommendation for commercial cultivation of redlip mullet

№	Наименование показателя Name of the indicator	Единица измерения Unit	Показатели Indicators
1	Площадь бассейнов 2 × 2 × 0,8 Pool area 2 × 2 × 0.8	м ² m ²	3,2
2	Глубина воды Water depth	м m	0,70
3	Плотность посадки молоди 10–15 г Young fish density 10–15 g	кг/м ³ kg/m ³	40–50
4	Водообмен Water exchange	мин. minutes	20–25
5	Соленость / Salinity	‰	до 2–3 / up to 2–3
6	Температура воды / Water temperature	°С	20–25
7	рН	ед. / units	7,5–8,5
8	Содержание кислорода Oxygen content	мг/л mg/l	7–8
9	Продолжительность выращивания Duration of cultivation	месяц month	8–10
10	Выживаемость / Survival	%	80–90
11	Средняя индивидуальная товарная масса рыбы The average individual weight of marketable fish	Г G	500–800
12	Кратность кормления The frequency of feeding	раз time	2–3

Таблица 5. Физиологические показатели крови пиленгаса
Table 5. Physiological indicators of the blood of redlip mullet

Показатели Indicators	Естественные условия Natural conditions	УЗВ Recirculating aquaculture system
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), мм/ч Erythrocyte sedimentation rate (ESR), mm/h	2,3 ± 0,2	1,6 ± 0,32
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	69,4 ± 4,36	87,0 ± 10
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	51,5 ± 2,99	55 ± 3,9
Бета-липопротеиды, г/л / Beta-lipoproteins, g/l	2,9 ± 0,15	1,45 ± 0,22*
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	13,5 ± 0,36	14,1 ± 0,4

Примечание. * – различия достоверны при $P \leq 0,001$.
Note. * – differences are significant at $P \leq 0.001$.

Таблица 6. Гематологические показатели трехлеток пиленгаса при разном рационе
Table 6. Hematological indicators of three-year-old redlip mullets with different diets

Показатели Indicators	Варианты кормов Feed options		
	Естественная кормовая база / Natural food supply	Комбикорм с добавлением линетола / Compound feed with the addition of linaetholum	Комбикорм с добавлением фосфатидов / Compound feed with the addition of phosphatides
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), мм/час Erythrocyte sedimentation rate (ESR), mm/h	2,67	1,33	1,17
Гематокрит / Hematocrit	0,48	0,33	0,37
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	64,6	79,5	87,2
Эритроциты, % Erythrocytes, %			
Эритробласты / Erythroblasts	–	–	–
Нормобласты / Normoblasts	1,52	0,75	0,38
Базофильные / Basophilic	2,10	2,26	1,72
Полихроматофильные / Polychromatophilic	1,14	2,64	2,29
Дефинитивные / Definitive	95,24	94,34	95,60
На 500 эритроцитов (абс.) For 500 pieces of red blood cells (absolute)			
Лейкоцитов / Leukocytes	4,95	5,28	4,59
Тромбоцитов / Platelets	0,38	2,64	4,21
Лейкоциты, % Leukocytes, %			
Лимфоциты / Lymphocytes	92,18	91,74	91,32
ПМЯ-лейкоциты / Polymorphonuclear leukocytes	2,50	5,51	6,48
Нейтрофилы Neutrophils			
Юные / Young	–	0,46	–
Палочкоядерные / Band	0,78	–	–
Сегментоядерные / Segmented	3,13	0,46	0,37
Эозинофилы / Eosinophils	1,47	1,84	–
Базофилы / Basophils	–	–	–
Моноциты / Monocytes	–	–	–
Тромбоциты: круглые/овальные Platelets: round/oval	3/2	1/1	1/1

Таблица 7. Гематологические показатели четырехлеток пиленгаса при разном рационе
Table 7. Hematological indicators of four-year-old redlip mullets with different diets

Показатели Indicators	Варианты кормов Feed options		
	Естественная кормовая база / Natural food supply	Комбикорм с добавлением линетола / Compound feed with the addition of linaetholum	Комбикорм с добавлением фосфатидов / Compound feed with the addition of phosphatides
Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), мм/час Erythrocyte sedimentation rate (ESR), mm/h	1,00	1,33	1,67
Гематокрит / Hematocrit	0,37	0,41	0,33
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	80,0	72,7	92,7
	Эритроциты, % Erythrocytes, %		
Эритробласты / Erythroblasts	–	–	–
Нормобласты / Normoblasts	0,76	0,19	0,57
Базофильные / Basophilic	2,09	1,54	2,08
Полихроматофильные / Polychromatophilic	2,28	2,30	2,65
Дефинитивные / Definitive	94,88	95,97	94,70
	На 500 эритроцитов (абс.) For 500 pieces of red blood cells (absolute)		
Лейкоцитов / Leukocytes	3,98	3,84	4,35
Тромбоцитов / Platelets	3,42	3,07	3,79
	Лейкоциты, % Leukocytes, %		
Лимфоциты / Lymphocytes	97,56	92,17	91,74
ПМЯ-лейкоциты / Polymorphonuclear leukocytes	6,35	5,07	6,42
	Нейтрофилы Neutrophils		
Юные / Young	–	–	–
Палочкоядерные / Band	0,49	0,46	0,46
Сегментоядерные / Segmented	1,48	1,38	0,92
Эозинофилы / Eosinophils	–	0,92	0,46
Базофилы / Basophils	–	–	–
Моноциты / Monocytes	–	–	–
Тромбоциты: круглые/овальные Platelets: round/oval	1/1	3/1	4/3

В сыворотке крови пиленгаса содержание белка составило 51,5 г/л в естественных условиях и 55 г/л в УЗВ. Результаты анализа физиологических показателей крови пиленгаса указывали на удовлетворительное состояние как «диких» особей, так и адаптированных к УЗВ (табл. 5).

Проведены исследования показателей крови рыб с разным рационом: выловленных в Таганрогском заливе (первый вариант корма – естественная кормовая база) и выращенных в УЗВ (второй вариант корма – с добавкой линетола, третий – корм с добавкой фосфатидов). При кормлении пиленгаса кормами с добавкой линетола и фосфатидов СОЭ и

величина гематокрита у трехлеток и четырехлеток находились в пределах физиологической нормы. Отмечено, что в среднем содержание гемоглобина в крови всех рыб несколько ниже нормы, что подтверждалось гипохромазией. Отличий в формуле крови у рыб не наблюдалось (табл. 6, 7).

У исследуемых рыб отмечался достаточно высокий уровень кроветворения, прослеживающийся по большому числу молодых эритроцитов различной степени зрелости. Активный эритропоэз был обусловлен интенсивным питанием [11].

В лейкоцитарной формуле крови рыб при кормлении вторым вариантом корма наблюдалось не-

которое увеличение эозинофилов по сравнению с рыбами, питавшимися первым и третьим вариантами корма, что также свидетельствует об интенсивности питания [15–17]. Особенно четко это прослеживается в лейкограмме шестилеток, что также подтверждается активным потреблением пищи и может классифицироваться как пищеварительный лейкоцитоз [17].

Из патологических изменений морфологии клеток крови наблюдалась инвагинация ядер эритроцитов и слабая гипохромия. Так как эти явления обратимы и в основном связаны с условиями содержания/обитания, в частности с ухудшением гидрoхимического режима, то можно заключить, что все варианты корма обеспечивали удовлетворительное физиологическое состояние рыб.

Оценка сбалансированности рационов питания производилась не только по морфофизиологическим показателям, но и по накоплению питательных веществ в организме. Величина накопления позволяет не только учитывать биологический эффект кормления, то есть прирост массы, но и дает представление об абсолютных и относительных изменениях отдельных групп органических и минеральных веществ в организме рыб в период экспериментального кормления. Концентрация органических и минеральных веществ в единице прироста рыб позволяет судить об изменениях в обмене веществ за время проведения (или в отдельные периоды) экспериментов.

У четырехлеток (табл. 7) накопление питательных веществ в целом наиболее интенсивно на корме с добавкой линетола (второй вариант корма), затем на корме с добавкой фосфатидов (третий вариант). Накопление в основном происходит за счет протеина, доля которого в общем пуле органических и минеральных веществ составляет 80 % и более (рис. 4).

Накопление питательных веществ у трехлеток пиленгаса в естественной среде обитания в основном определяется ретенцией протеина (около 40 %) и углеводов (около 16 %) при снижении уровня жира и минеральной фракции по сравнению с рыбой аналогичного возраста, употребляющей комбикорма с добавкой линетола и фосфатидов.

По суммарной величине концентрации питательных веществ существенных отличий у рыб с разным рационом не наблюдалось (рис. 5). Однако отмечается тенденция увеличения концентрации протеина в мышцах у четырехлеток пиленгаса от

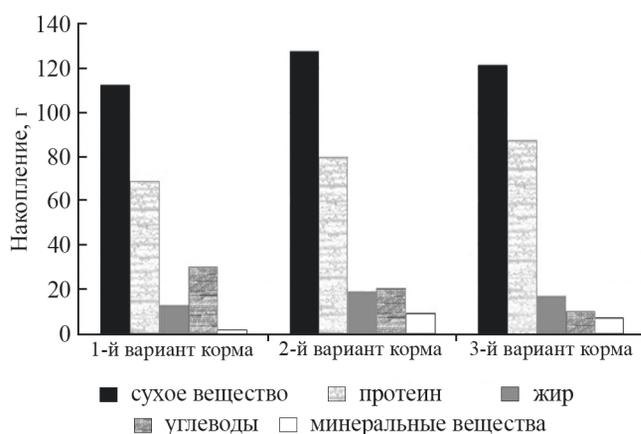


Рис. 4. Накопление органических и минеральных веществ в мышцах пиленгаса (3+) при разном рационе.

Fig. 4. The accumulation of organic and mineral substances in the redlip mullet muscles (3+) with different diets.

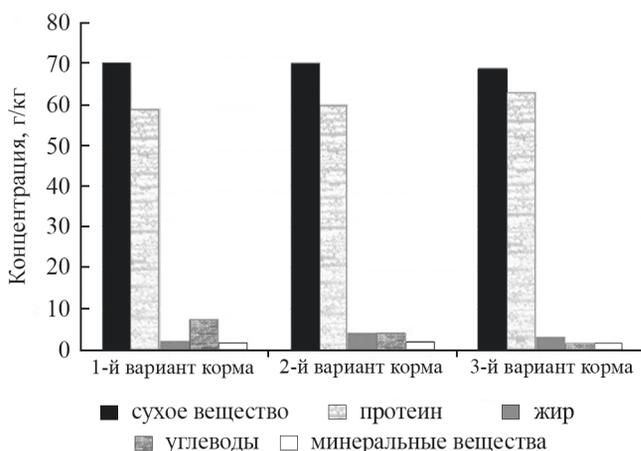


Рис. 5. Концентрация органических и минеральных веществ в мышцах пиленгаса (3+) при разном рационе.

Fig. 5. The concentration of organic and mineral substances in the redlip mullet muscles (3+) with different diets.

первого варианта корма к третьему (табл. 7, рис. 5), что, по-видимому, связано с большей обеспеченностью энергией комбикорма с добавками.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение светового периода увеличивает интенсивность роста старших возрастных групп пиленгаса в УЗВ до двух раз.
2. Показатели концентрации питательных веществ в мышцах рыб разных возрастов свидетельствуют об идентичной направленности обмена веществ, при которой энергетические траты в основном компенсируются за счет липидов. Направленность концентрации отдельных структурных элементов питания аналогична их накоплению.

Несмотря на хорошо отработанные методы получения посадочного материала кефалей, в том числе и пиленгаса, при пастбищном методе выращивания, способ получения товарной рыбы на интенсивной основе с быстрой окупаемостью и в короткие сроки практически отсутствует. Технология выращивания пиленгаса в установке замкну-

того водоснабжения в контролируемых условиях (температура, содержание кислорода, рН, скорость течения, соленость) позволит решить эту проблему.

Публикация подготовлена с использованием УНУ «МУК» ЮНЦ РАН и Биоресурсной коллекции редких и исчезающих видов рыб ЮНЦ РАН №73602.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елисеева А.В., Абасова Р.Т., Ахмедова Е.Р. 2018. Особенности адаптации пиленгаса к искусственным условиям содержания в системах с оборотным водоснабжением. *Научные труды Дальрыбвтуза*. 44(1): 10–15.
2. Туркулова В.Н., Новоселова Н.В., Булли Л.И., Бобова А.С., Булли Ф.А., Заиченко Е.А. 2015. Анализ роста и выживаемости пиленгаса в течение трехлетнего цикла выращивания в условиях бассейнового хозяйства ФГБНУ «ЮгНИРО». *Труды ЮгНИРО*. 53: 80–91.
3. Новоселова Н.В., Туркулова В.Н. 2013. Некоторые особенности питания пиленгаса (*Liza haematocheila*, Temminck) при выращивании в искусственных условиях. *Труды ЮгНИРО*. 51: 124–127.
4. Мязина Е.И., Иукурдидзе И.Ш., Насонова А.И., Дубов В.Е., Еловенко В.Н., Асмандияров Р.Г. 2006. Пиленгас как объект акклиматизации для Астраханской области. *Рыбное хозяйство*. 3: 66–67.
5. Власов В.А., Маслова Н.И., Пономарев С.В., Баканёва Ю.М. 2013. Влияние света на рост и развитие рыб. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. 2: 24–34.
6. Матишов Г.Г., Коваленко В.П., Бухмин Д.А., Коваленко М.В. 2016. *Опыт выращивания пиленгаса Азовского моря в условиях аквакомплекса*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 44 с.
7. Матишов Г.Г., Пономарева Е.Н., Коваленко М.В., Тажаева Д.С. 2017. *Практика аквакультуры судака, пиленгаса, щуки Азовского бассейна*. Ростов н/Д, изд-во ЮНЦ РАН: 80 с.
8. Правдин И.Ф. 1966. *Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных)*. М., Пищевая промышленность: 374 с.
9. Винберг Г.Г. 1956. *Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб*. Минск, изд-во Белорусского университета: 253 с.
10. Жигин А.В. 2011. *Замкнутые системы в аквакультуре*. М., изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева: 664 с.
11. Остроумова И.Н. 1957. Показатели крови и кроветворение в онтогенезе рыб. В кн.: *Известия Всесоюзного НИИ озерного и речного рыбного хозяйства*. Т. 43. Вып. 3. Л.: 3–63.
12. Лакин Г.Ф. 1990. *Биометрия*. М., Высшая школа: 352 с.
13. Матишов Г.Г., Пряхин Ю.В. 2011. Изменение линейно-массовых показателей пиленгаса в Азовском море в зимний период. *Экологический вестник научных центров ЧЭС*. 3: 55–59.
14. Пряхин Ю.В. 2011. Азово-черноморская популяция пиленгаса. *Наука Кубани*. 1: 4–16.

15. Драбкина Б.М. 1966. Состав крови молоди осетра в зависимости от условий обитания. В кн.: *Тезисы докладов Всесоюзного совещания по экологической физиологии рыб (Москва, 31 января – 5 февраля 1966 г.)*. М., изд-во АН СССР: 94–95.
16. Поляруш В.П., Овечко В.Ю., Шевцова Г.Н., Иванова В.П. 1996. Основы технологии выращивания товарной кефали-пиленгаса в поликультуре с карпом и растительными рыбами в пресноводных прудах. В кн.: *Тезисы докладов Международного симпозиума «Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре» (Краснодар, 21–24 октября 1996 г.)*. Краснодар, КрасНИИРХ: 54–55.
17. Смирнова Л.И. 1968. О физиологии зернистых лейкоцитов крови рыб. *Вопросы ихтиологии*. 8(5): 938–948.

REFERENCES

1. Eliseeva A.V., Abasova R.T., Ahmedova E.R. 2018. [Features of adaptation of pilengas to artificial the conditions of detention in systems with circulating water]. *Nauchnye trudy Dal'rybvтуza*. 44(1): 10–15. (In Russian).
2. Turkulova V.N., Novoselova N.V., Bulli L.I., Bobova A.S., Bulli F.A., Zaichenko Y.A. 2015. [Analysis of so-iuy mullet growth and survivability rate during the 3-year rearing cycle in conditions of the indoor fish farm of the Federal State Budgetary Scientific Institution “YugNIRO”]. *Trudy YugNIRO*. 53: 80–91. (In Russian).
3. Novoselova N.V., Turkulova V.N. 2013. [Some nutrition features of the haarder (*Liza haematocheila*, Temminck) culture in artificial conditions]. *Trudy YugNIRO* 51: 124–127. (In Russian).
4. Myazina E.I., Iukuridze I.Sh., Nasonova A.I., Dubov V.E., Elovenko V.N., Asmandiyarov R.G. 2006. [Redlip mullet as an acclimatization object for the Astrakhan Region]. *Rybnое khozyaystvo*. 3: 66–67. (In Russian).
5. Vlasov V.A., Maslova N.I., Ponomarev S.V., Bakaneva Yu.M. 2013. [Effect of illumination on the fish growth and development]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybное khozyaystvo*. 2: 24–34. (In Russian).
6. Matishov G.G., Kovalenko V.P., Bukhmin D.A., Kovalenko M.V. 2016. *Opyt vyrashchivaniya pilengasa Azovskogo morya v usloviyakh akvakompleksa*. [Experience of growing redlip mullet of the Sea of Azov in an aquacomplex]. Rostov-on-Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 44 p. (In Russian).
7. Matishov G.G., Ponomareva E.N., Kovalenko M.V., Tazhbaeva D.S. 2017. *Praktika akvakultury sudaka, pilengasa, shchuki Azovskogo basseyna*. [Practice of walleye, redlip mullet, and pike aquaculture in the Azov basin]. Rostov-on-

- Don, Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences: 80 p. (In Russian).
8. Pravdin I.F. 1966. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh)*. [Guide to the study of fish (mainly freshwater)]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost': 374 p. (In Russian).
 9. Vinberg G.G. 1956. *Intensivnost' obmena i pishchevye potrebnosti ryb*. [The intensity of metabolism and food requirements of fishes]. Minsk, Belorussian University: 253 p. (In Russian).
 10. Zhigin A.V. 2011. *Zamknutye sistemy v akvakul'ture*. [Recirculated water systems in aquaculture]. Moscow, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy: 664 p. (In Russian).
 11. Ostroumova I.N. 1957. [Blood values and hematogenesis in the ontogeny of fish]. In: *Izvestiya Vsesoyuznogo NII ozernogo i rechnogo rybnogo khozyaystva*. T. 43.: Vyp. 3. [Bulletin of the All-Union Research Institute of Lake and River Fisheries. Vol. 43. Iss. 3]. Leningrad: 3–63. (In Russian).
 12. Lakin G.F. 1990. *Biometriya*. [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola: 352 p. (In Russian).
 13. Matishov G.G., Pryakhin Yu.V. 2011. [Winter changes in Azov mugil soiyu linearly mass characteristics]. *Ecological Bulletin of Research Centers of the Black Sea Economic Cooperation*. 3: 55–59. (In Russian).
 14. Pryakhin Yu.V. 2011. [Azov-Black sea population of mugil soiyu]. *Nauka Kubani*. 1: 4–16. (In Russian).
 15. Drabkina B.M. 1966. [Blood composition of sturgeon juveniles depending on habitat conditions]. In: *Tezisy докладov Vsesoyuznogo soveshchaniya po ekologicheskoy fiziologii ryb*. [Materials of All-Union conference on ecological physiology of fishes (Moscow, Russia, 31 January – 5 February 1966)]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR: 94–95. (In Russian).
 16. Polyarush V.P., Ovechko V.Yu., Shevtsova G.N., Ivanova V.P. 1996. [Fundamentals of technology for growing commercial redlip mullet in polyculture with carp and herbivorous fish in freshwater ponds]. In: *Tezisy докладov Mezhdunarodnogo simpoziuma "Resursosberegayushchie tekhnologii v akvakul'ture"*. [Materials of the International Symposium "Resource-saving technologies in aquaculture (Krasnodar, Russia, 21–24 October 1996)]. Krasnodar, Krasnodar Fisheries Research Institute: 54–55 (In Russian).
 17. Smirnova L.I. 1968. [About the physiology of granular white blood cells of fish]. *Voprosy ikhtiologii*. 8(5): 938–948. (In Russian).

Поступила 17.02.2020