

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-125-133

УДК 597.593.4-11:597-1.05 (262.81)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИНГИЛЯ (*LIZA AURATA*, RISSO) В КАСПИЙСКОМ МОРЕ

Н. В. Козлова, А. В. Дубовская, Е. Г. Макарова, И. А. Маркина, Ф. И. Никитин

*Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии,
Астрахань, Российская Федерация*

Проведено исследование физиолого-биохимических показателей сингиля (*Liza aurata*, Risso) в Каспийском море. Сбор материала проводили в западной части Северного и Среднего Каспия в сентябре-октябре 2019 г. Анализу подверглись самки и самцы. Результаты гистоморфологического исследования половых желез самок и самцов свидетельствовали о завершении нереста. Морфологическая картина гонад кефали обоих полов соответствовала шкале зрелости данного вида применительно к Каспийскому региону. В крови определяли содержание гемоглобина, общего сывороточного белка, общих липидов, триглицеридов, холестерина, глюкозы, неорганического фосфора. Отмечена достоверная корреляционная положительная зависимость ($p < 0,05$) массы и длины самок ($r = 0,9340$) и самцов ($r = 0,9320$). У самок зарегистрированы высокие корреляционные зависимости между уровнями общего сывороточного белка и холестерина ($r = 0,9071$), общего сывороточного белка и гемоглобина ($r = 0,9706$), глюкозы и гемоглобина ($r = 0,8897$) при уровне статистической значимости $p < 0,05$. Выявленные статистические зависимости физиолого-биохимических показателей крови рыб свидетельствовали об их важной роли в организме, заключающейся в оптимизации общих энергетических затрат после нереста. По результатам исследования самцов выявлена высокая ($r = 0,9195$) достоверная ($p < 0,05$) корреляционная зависимость между содержанием гемоглобина и холестерина в крови. Содержание общих липидов в мышцах, гонадах и печени самок и самцов сингиля было сопоставимо. Уровни водорастворимого белка в мышцах, печени и гонадах рыб обоих полов достоверно не различались. Полученные результаты исследований по комплексу физиолого-биохимических показателей сингиля позволят существенно увеличить объем достоверной информации о физиологическом статусе организма изученного вида кефалевых рыб в современных экологических условиях Каспийского моря.

Ключевые слова: сингиль, кровь, гемоглобин, общий сывороточный белок, холестерин, общие липиды, глюкоза, неорганический фосфор, триглицериды, водорастворимый белок, гонады.

Для цитирования: Козлова Н. В., Дубовская А. В., Макарова Е. Г., Маркина И. А., Никитин Ф. И. Исследование физиолого-биохимических показателей сингиля (*Liza Aurata*, Risso) в Каспийском море // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 125–133. DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-125-133.

Введение

В настоящее время в Каспийском море обитают два вида кефалей: сингиль и остронос рода *Liza* (*L. aurata* и *L. saliens*), которые были акклиматизированы в 30-е гг. прошлого столетия из Черного моря, что привело к формированию их промысловых стад. В настоящее время промыслом используется один вид кефалей – сингиль, встречающийся в уловах на акватории западной части Северного и Среднего Каспия от г. Махачкалы до южной оконечности о. Чистая Банка. Максимальные скопления располагаются в районах Махачкалы, Сулака, Аграханского полуострова и Кизлярского залива [1, 2].

Семейство Mugilidae относится к экологической группе пелагофильных рыб [3]. Нерест у них проходит вдали от берегов при температуре 17–29 °С с августа по октябрь. Развитие икры

и личинок происходит в пелагиали, но в дальнейшем, по мере их роста, молодь переходит к берегам. Половая зрелость кефалей наступает в 3–4-летнем возрасте, самцы созревают на год раньше самок. Соотношение самцов и самок меняется с возрастом, в половозрелом стаде количество самок всегда больше. Самки синхронно созревают и одновременно выметывают одну порцию икры. Кефали плохо переносят низкую температуру, а при температуре ниже 4 °С погибают. Соленость кефали переносят очень хорошо, поэтому их относят к эвригалинным видам. Молодь кефали иногда заходит в устья рек, где вода практически пресная, и может там находиться долгое время, вместе с тем она легко переносит и повышенную соленость – до 25 ‰ [3].

Изучены миграции сингиля, распределение в западной части Каспийского моря, биологические показатели производителей и состояние их гонад перед нерестом [1, 2]. В литературе имеются данные о некоторых биохимических исследованиях органов и тканей сингиля в течение репродуктивного цикла [4, 5].

До настоящего времени сведения о физиолого-биохимических показателях крови каспийских кефалей, совокупность которых позволяла бы существенно увеличить объем достоверной информации о состоянии рыб на различных этапах жизненного цикла, отсутствовали.

Целью данной работы явилось исследование физиолого-биохимических показателей сингиля (*L. aurata*) в Каспийском море.

Материалы и методы исследований

Сбор материала проводили в западной части Северного и Среднего Каспия в сентябре-октябре 2019 г. Кровь отбирали из хвостовой вены сингиля с помощью медицинского шприца. Отбор проб органов и тканей осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками [6] и инструкциями [7]. Концентрацию гемоглобина в крови исследовали унифицированным цианметгемоглобиновым фотометрическим методом с помощью набора «Медлакор» [8]. Биохимические показатели (общий сывороточный белок, холестерин, глюкозу, триглицериды, неорганический фосфор в сыворотке крови рыб) исследовали на анализаторе BioChem Analette с использованием реактивов «High Technology». Концентрации общего белка в сыворотке крови определяли биуретовым методом [9], холестерина, триглицеридов, глюкозы – по реакции Триндера [10], неорганического фосфора – методом с применением молибдата аммония [11]. Для анализа общих сывороточных липидов использовали диагностический набор реактивов «DAS-SpectroMed» [12]. Содержание общих липидов в тканях определяли модифицированным методом по Цольнеру – Киршу [13, 14], концентрацию водорастворимого белка – методом Варбурга и Христьяна [15] на спектрофотометре Shimadzu – UV-3600. Гистологические препараты половых желез фиксировали в растворе Буэна с дальнейшей обработкой по общепринятым методикам [16, 17]. Срезы гонад окрашивали кислым фуксином с докраской по Маллори. Просмотр препаратов проводился под микроскопом OLYMPUS BX 40. Для изготовления микрофотографий использовали цифровую камеру-окуляр для микроскопа DCM 500.

Результаты исследований обработаны с применением общепринятых методов биологической статистики и программы Microsoft Excel [18]. Уровень различий оценивали с помощью критерия достоверности Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Масса исследованных самок сингиля варьировала от 430,0 до 600,0 г при среднем значении 507,0 г, промысловая длина составляла 29,0–34,0 см при среднем показателе 31,0 см. Масса самцов в выборке составляла 200,0–780,0 г, длина 26,0–44,0 см (табл. 1).

Таблица 1

Масса и длина исследованных особей сингиля в Каспийском море

Показатель	Самки	Самцы
Масса, г	507,0 ± 30,4	580,0 ± 78,4
Длина, см	31,0 ± 0,8	38,2 ± 2,6

У самцов отмечена достоверно большая длина по сравнению с самками ($p < 0,05$). Выявлена корреляционная положительная зависимость ($p < 0,05$) массы и длины самок ($r = 0,9340$) и самцов ($r = 0,9320$).

По результатам гистологического анализа исследованные особи каспийских кефалей участвовали в нересте текущего сезона.

У самок сингиля резорбция постовариальных фолликулов была уже завершена, и яичники перешли во VI–II–II стадию зрелости гонад (СЗГ) (рис. 1).

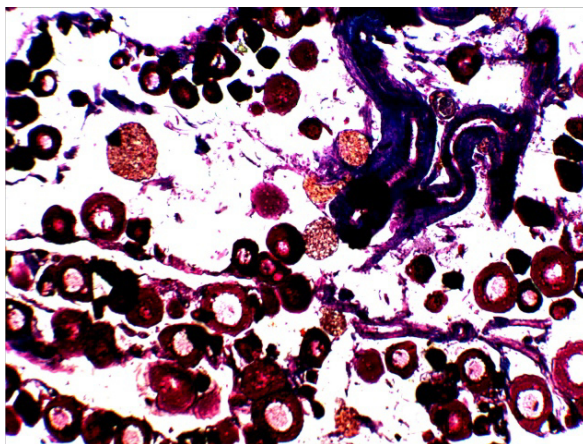


Рис. 1. Яичник сингиля VI–II–II СЗГ.
Окраска кислым фуксином с докраской по Маллори. Ув. 22×10

В половых железах были хорошо развиты соединительнотканые элементы, рядом с которыми встречались скопления коричневого пигмента, образующегося на конечных этапах резорбции ооцитов.

Гистоморфологическая картина половых желез самцов свидетельствовала о завершении нереста и переходе семенников в VI–II–II СЗГ. Половые клетки были представлены главным образом сперматогониями. Лишь в единичных ампулах встречались остатки резорбирующихся спермиев. Стенки семенных канальцев были утолщены, а в ампулах имелись скопления коричневого пигмента, нередко многочисленные (рис. 2).

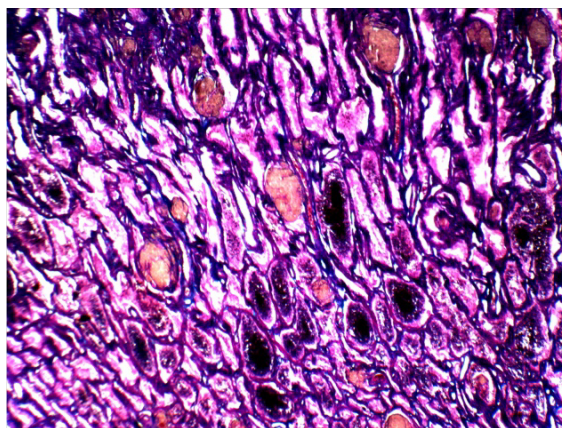


Рис. 2. Семенник сингиля VI–II–II СЗГ, в просветах канальцев – остатки зрелых спермиев и скопления пигмента. Окраска кислым фуксином с докраской по Маллори. Ув. 22×10

Таким образом, морфологическая картина гонад самок и самцов кефали соответствовала шкале зрелости данного вида применительно к Каспийскому региону [2].

Кровь, являясь внутренней средой организма, быстро и точно реагирует на изменения окружающей среды, отражает физиологическое состояние организма. Результаты исследований физиолого-биохимических показателей крови рыб представлены в табл. 2.

Физиолого-биохимические показатели крови сингиля в Каспийском море

Показатель	Самки	Самцы
Гемоглобин, г/л	121,75 ± 20,40	126,76 ± 10,54
Сыворотка крови		
Общий белок, г/л	28,26 ± 4,32	29,27 ± 1,97
Общие липиды, г/л	18,45 ± 3,44	15,55 ± 2,71
Триглицериды, г/л	7,46 ± 0,69	6,02 ± 0,92
Холестерин, г/л	4,80 ± 1,04	3,63 ± 0,42
Глюкоза, ммоль/л	3,00 ± 0,91	3,42 ± 0,89
Неорганический фосфор, ммоль/л	2,65 ± 0,34	3,08 ± 0,61

Согласно литературным данным [19] у взрослых особей сингиля длиной 22–27 см, весом 140–250 г, в состоянии относительного физиологического покоя на II–III стадии зрелости гонад концентрация гемоглобина составляет 100 г/л. Содержание гемоглобина у кефалей, выловленных в Каспийском море, составляло в среднем 121,75–126,76 г/л. Высокие уровни железосодержащего белка свидетельствовали о том, что в посленерестовый период увеличиваются количество крови и ее кислородная емкость за счет повышения количества циркулирующих эритроцитов [20].

Каспийские кефали питаются в основном детритом и перифитоном, запасы которых в Каспии достаточно высоки и не подвержены существенным сезонным и многолетним колебаниям. Следовательно, биомасса популяции кефалей, учитывая отсутствие выраженной пищевой конкуренции, может быть достаточно сбалансирована с имеющейся кормовой базой [4]. Полноценность питания отражает уровень оснащенности организма белками. Количество общего белка сыворотки крови сингиля составляло в среднем у самок 28,26 г/л, у самцов 29,27 г/л.

В организме рыб липиды являются источником энергии и важным компонентом биомембран, участвуя в процессах адаптации к неблагоприятным воздействиям [21]. Концентрация общих сывороточных липидов у сингиля соответствовала 15,55–18,45 г/л.

Холестерин и триглицериды – важнейшие для биологического организма липиды. Содержание холестерина, использующегося в качестве строительного компонента для всех клеток организма, составляло у кефалей 4,80 г/л для самок, 3,63 г/л – для самцов. Количество триглицеридов, являющихся одними из основных источников энергии в ходе жизнедеятельности рыб, находилось у исследованных особей на уровне 6,02–7,46 г/л.

Глюкоза – одна из основных характеристик физиологического состояния животных, она играет важнейшую роль в обеспечении организма энергией. Быстрота ее распада и окисления, а также возможность быстрого извлечения из депо обеспечивают экстренную мобилизацию энергетических ресурсов при стремительно нарастающих затратах энергии. Уровни глюкозы в крови сингиля из Каспийского моря в среднем составляли 3,00–3,42 ммоль/л.

Концентрация неорганического фосфора в сыворотке крови сингиля, связанного с сокращением мышц и процессами выведения кальция из организма, соответствовала диапазону 2,65–3,08 ммоль/л.

Исследованные физиолого-биохимические показатели крови самок и самцов сингиля достоверно не отличались и были сходны с ранее полученными данными в аналогичный период репродуктивного цикла [5].

Анализ компонентов крови самок сингиля выявил высокие корреляционные зависимости между уровнями общего сывороточного белка и холестерина ($r = 0,9071$), общего сывороточного белка и гемоглобина ($r = 0,9706$), глюкозы и гемоглобина ($r = 0,8897$) при уровне статистической значимости $p < 0,05$. У самцов отмечена высокая достоверная ($p < 0,05$) корреляционная зависимость между содержанием гемоглобина и холестерина ($r = 0,9195$) в крови исследованных особей. Выявленные зависимости в крови рыб свидетельствовали о важной роли физиолого-биохимических показателей в организме, направленных на оптимизацию общих энергетических затрат в посленерестовый период.

Информативность показателей липидного и белкового обменов тканей в качестве характеристики физиологического состояния организма рыбы показана исследованиями на различных видах рыб [22–24]. Необходимое количество общих липидов и белка в тканях обеспечивает нормальное физиологическое состояние организма.

Результаты наших исследований показали, что достоверных отличий между содержанием общих липидов в мышцах, гонадах и печени самцов и самок выявлено не было (табл. 3).

Таблица 3

Содержание общих липидов в органах и тканях сингиля в Каспийском море

Ткань	Общие липиды, %	
	Самки	Самцы
Мышцы	3,18 ± 0,40	3,60 ± 0,24
Гонады	5,85 ± 0,64	6,46 ± 0,25
Печень	9,24 ± 0,67	10,01 ± 0,84

В литературе имеются сведения о содержании общих липидов у самок каспийского сингиля на IV СЗГ в мышцах – 4,4–4,7 %, в гонадах – 8,3–8,6 %, печени – 13,9–14,3 % [4, 25]. Полученные нами результаты концентрации общих липидов в органах кефалей (табл. 3) были ниже, что характеризовало состояние (VI–II–II СЗГ) исследованных особей, завершивших нерест.

По результатам современных исследований у сингиля из Каспийского моря отмечено значительно меньшее содержание липидов в мышцах, гонадах и печени по сравнению с черноморской популяцией (11,15; 10,55; 15,26 % соответственно), что сопоставимо с данными, полученными ранее [4, 25]. В Каспии кефали питаются практически круглый год, обеспечивая себе постоянный приток энергии. Черноморские кефали интенсивно накапливают резервные энергетические вещества во время короткого периода нагула в Азовском море, прекращая потребление пищи зимой и во время миграций [4].

Концентрацию белка рассматривают как показатель нормального течения пластического обмена, а в некоторых случаях – как альтернативный источник энергии [26]. У сингиля уровни водорастворимого белка в мышцах, печени рыб обоих полов были сопоставимы (табл. 4).

Таблица 4

Содержание водорастворимого белка в органах и тканях сингиля в Каспийском море

Ткань	Водорастворимый белок, мг/г	
	Самки	Самцы
Мышцы	107,53 ± 2,60	114,65 ± 6,52
Гонады	133,02 ± 5,25	144,82 ± 3,92
Печень	160,71 ± 13,64	159,42 ± 11,73

При анализе водорастворимого белка в гонадах рыб отмечено недостоверное, на уровне тенденции, превышение его уровня у самцов относительно самок, т. к. для обеспечения оогенеза особям требуется большее количество энергии, чем для сперматогенеза.

Заключение

Проведены исследования производителей сингиля в западной части Северного и Среднего Каспия осенью 2019 г. по комплексу физиолого-биохимических показателей. Морфологическая картина гонад самок и самцов кефали характеризовала завершение нереста рыб. Выявленные достоверные корреляционные зависимости показателей крови рыб свидетельствовали о важной роли физиолого-биохимических субстратов в организме, направленных на оптимизацию общих энергетических затрат после нереста. Между самками и самцами не зафиксировано достоверных различий физиолого-биохимических показателей тканей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова Д. А., Абдусаматов А. С., Дубовская А. В, Таибов П. С. Современное состояние репродуктивной системы кефали сингиля (*Liza aurata*, Risso) в западной части Каспийского моря // Юг России: экология, развитие, экология животных. 2017. Т. 12. № 1. С. 44–53.

2. Адуева Д. Р., Таубов П. С. Структура нерестовой популяции и репродукционный потенциал кефалей в Среднем Каспии // Юг России: экология, развитие. 2012. № 2. С. 26–37.
3. Адуева Д. Р. Нерест в условиях северо-западной части среднего Каспия черноморских акклиматизантов семейства Mugilidae: два вида из рода *Liza* (*L. auratus*) и (*L. saliens*) // Юг России: экология, развитие. 2012. № 1. С. 64–69.
4. Адуева Д. Р. Репродуктивный цикл и динамика накопления жира у кефалей Каспийского моря // Юг России: экология, развитие. 2011. № 4. С. 99–103.
5. Козлова Н. В., Барегамян М. А., Никитин Ф. И., Маркина И. А. Некоторые физиолого-биохимические показатели крови каспийских кефалей // Биологическое разнообразие Кавказа и юга России: материалы XXI Междунар. науч. конф. (г. Магас, Республика Ингушетия, 15–18 ноября 2019 г.). Махачкала: ООО «КЕП», 2019. С. 497–499.
6. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб. М.: Минсельхозпрод России, Департамент ветеринарии № 13-4-2/1487 от 02 февраля, 1999. 6 с.
7. Инструкции по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания / под ред. Г. А. Судакова. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2011. 193 с.
8. Drabkin D. L., Austin J. H. Spectrophotometric studies: I. Spectrophotometric constants for common hemoglobin derivatives in human, dog, and rabbit blood // Journal of Biological Chemistry. 1932. V. 98. P. 719–733.
9. Gornall A. G., Bardawill C. S., David M. M. Determination of Serum Proteins by Means of the Biuret Method // J. Biol. Chem. 1949. V. 177. P. 751–766.
10. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen receptor // Annals of clinical biochemistry. 1969. V. 6. P. 24–27.
11. Henry R. J., Cannon D. C., Winkelman J. W. Clinical Chemistry: Principles and Techniques. New York: Harper and Row Publishers, 1974. P. 1629.
12. Zollner N., Kirsch K. Colorimetric method for determination of total lipid in serum // Z. Ges. Exp. Med. 1962. N. 135. P. 545–550.
13. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справ. / под ред. проф. И. П. Кондрахина. М.: КолосС, 2004. 520 с.
14. Седов С. И., Румянцев В. Д., Кривасова С. Б., Юсупов М. К. Некоторые особенности жирового и белкового обмена у каспийского тюленя в естественных условиях и при экспериментальном голодании // Энергетические аспекты роста и обмена водных животных. Киев: Наук. думка, 1972. С. 198–200.
15. Детлаф Т. А. и др. Методы биологии развития. Экспериментально-эмбриологические, молекулярно-биологические и цитологические / под ред. Т. А. Детлаф. М.: Наука, 1974. 619 с.
16. Ромейс Б. Микроскопическая техника. М.: Иностран. лит., 1954. 718 с.
17. Меркулов Г. А. Курс патологистологической техники. Л.: Медицина, 1969. 423 с.
18. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 293 с.
19. Солдатов А. А., Парфенова И. А. Кислородный режим скелетных мышц кефали-сингиля (*Liza aurata*, Risso) в условиях экспериментальной гипотермии // Тр. ИБВВ РАН. 2015. № 72 (75). С. 91–98.
20. Заботкина Е. А., Лапирова Т. Б., Середняков В. Е., Нестерова Т. А. Экологическая пластичность гематологических показателей пресноводных костистых рыб // Тр. ИБВВ РАН. 2015. № 72 (75). С. 16–29.
21. Шатуновский М. И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М.: Наука, 1980. 238 с.
22. Никольский Г. В. Частная ихтиология. М.: Высш. шк., 1971. 472 с.
23. Шульман Г. Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб: моногр. М.: Пищ. пром-сть, 1972. 368 с.
24. Комова Н. И. Внутривидовые особенности морфофункциональных и биохимических показателей филогенетических рыб Рыбинского водохранилища: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Борок: Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН, 2005. С. 25.
25. Хорошко А. И. Особенности биологии черноморских кефалей, акклиматизированных в Каспийском море: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1982. 17 с.
26. Шульман Г. Е., Аболмасова Г. И., Столбов А. Я. Использование белка в энергетическом обмене гидробионтов // Успехи современной биологии. 1993. Т. 113. Вып. 5. С. 576–586.

Статья поступила в редакцию 11.08.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Козлова Наталья Викторовна – Россия, 414056, Астрахань; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; канд. биол. наук; зав. лабораторией молекулярной генетики и физиологии; natali19_12@mail.ru.

Дубовская Анисия Викторовна – Россия, 414056, Астрахань; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; ведущий специалист лаборатории молекулярной генетики и физиологии; anisdu@mail.ru.

Макарова Екатерина Григорьевна – Россия, 414056, Астрахань; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; канд. биол. наук; ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики и физиологии; for.alissa2015@yandex.ru.

Маркина Инна Александровна – Россия, 414056, Астрахань; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; специалист лаборатории молекулярной генетики и физиологии; klearimbee@mail.ru.

Никитин Филипп Игоревич – Россия, 414056, Астрахань; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; старший специалист лаборатории молекулярной генетики и физиологии; nikitinphilip@mail.ru.



RESEARCH OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF GOLDEN MULLET (*LIZA AURATA*, RISSO) IN THE CASPIAN SEA

N. V. Kozlova, A. V. Dubovskaya, E. G. Makarova, I. A. Markina, F. I. Nikitin

Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Astrakhan, Russian Federation

Abstract. The paper outlines the study of the physiological and biochemical parameters of golden mullet (*Liza aurata*, Risso) in the Caspian Sea. Collecting material was carried out in the western part of the Northern and Middle Caspian in September-October 2019. The female and male species were analyzed. The histomorphological investigation of the gonads of females and males indicated the completion of spawning. The morphological picture of the gonads of golden mullet of both sexes corresponded to the maturity scale of this species as applied to the Caspian region. In the blood there was determined the concentration of hemoglobin, total serum protein, total lipids, triglycerides, cholesterol, glucose, and inorganic phosphorus. A valid positive correlation dependence ($p < 0.05$) of weight and length of females ($r = 0.9340$) and males ($r = 0.9320$) was stated. In females high correlations were recorded between the levels of total serum protein and cholesterol ($r = 0.9071$), total serum protein and hemoglobin ($r = 0.9706$), glucose and hemoglobin ($r = 0.8897$) with a statistical significance level of $p < 0.05$. The revealed statistical dependencies of physiological and biochemical parameters of fish blood indicated their important role in the body in optimizing the total energy costs after spawning. According to the study of males, there has been found a high ($r = 0.9195$) significant ($p < 0.05$) correlation relationship between the content of hemoglobin and cholesterol in the blood. The content of total lipids in muscles, gonads and liver of females and males of golden mullet were comparable. The levels of water-soluble protein in the muscles, liver, and gonads of fish of both sexes did not differ significantly. The obtained research results on the complex of physiological and biochemical parameters of golden mullet will significantly increase the volume of reliable information about the physiological status of the organism of the studied species of mullet in the modern ecological conditions of the Caspian Sea.

Key words: golden mullet, blood, hemoglobin, total serum protein, cholesterol, total lipids, glucose, inorganic phosphorus, triglycerides, water-soluble protein, gonads.

For citation: Kozlova N. V., Dubovskaya A. V., Makarova E. G., Markina I. A., Nikitin F. I. Research of physiological and biochemical parameters of golden mullet (*Liza Aurata*, Risso) in the Caspian sea. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2020;3:125-133. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2020-3-125-133.

REFERENCES

1. Gavrilova D. A., Abdusamadov A. S., Dubovskaia A. V., Taibov P. S. Sovremennoe sostoianie reproduktivnoi sistemy kefali singilia (*Liza aurata*, Risso) v zapadnoi chasti Kaspiiskogo moria [Current state of reproductive system of golden mullet (*Liza aurata*, Risso) in western part of the Caspian Sea]. *Iug Rossii: ekologiya, razvitie, ekologiya zhivotnykh*, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 44-53.
2. Adueva D. R., Taibov P. S. Struktura nerestovoi populiatsii i reproduktsionnyi potentsial kefalei v Srednem Kaspii [Structure of spawning population and reproductive potential of mullets in Middle Caspian]. *Iug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2012, no. 2, pp. 26-37.
3. Adueva D. R. Nerest v usloviakh severo-zapadnoi chasti srednego Kaspiia chernomorskikh akklimatizantov semeistva Mugilidae: dva vida iz roda *Liza* (*L. auratus*) i (*L. saliens*) [Spawning in northwestern part of Middle Caspian of the Black Sea acclimatizers Mugilidae: two species from genus *Liza* (*L. auratus*) and (*L. saliens*)]. *Iug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2012, no. 1, pp. 64-69.
4. Adueva D. R. Reproduktsionnyi tsikl i dinamika nakopleniia zhira u kefalei Kaspiiskogo moria [Reproductive cycle and dynamics of fat accumulation in mullet in the Caspian Sea]. *Iug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2011, no. 4, pp. 99-103.
5. Kozlova N. V., Bagegamian M. A., Nikitin F. I., Markina I. A. Nekotorye fiziologo-biokhicheskie pokazateli krovi kaspiiskikh kefalei [Some physiological and biochemical parameters of blood of Caspian mullet]. *Biologicheskoe raznoobrazie Kavkaza i iuga Rossii: materialy XXI Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii (g. Magas, Respublika Ingushetiia, 15-18 noiabria 2019 g.)*. Makhachkala, OOO «KEP», 2019. Pp. 497-499.
6. *Metodicheskie ukazaniia po provedeniiu gematologicheskogo obsledovaniia ryb* [Guidelines for conducting hematological examination of fish]. Moscow, Minsel'khozprod Rossii, Departament veterinarii № 13-4-2/1487 ot 02 fevralia, 1999. 6 p.
7. *Instruktsii po sboru i pervichnoi obrabotke materialov vodnykh bioresursov Kaspiiskogo basseina i sredy ikh obitaniia* [Instructions for collecting and primary processing materials on aquatic biological resources of Caspian basin and their habitats]. Pod redaktsiei G. A. Sudakova. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2011. 193 p.
8. Drabkin D. L., Austin J. H. Spectrophotometric studies: I. Spectrophotometric constants for common hemoglobin derivatives in human, dog, and rabbit blood. *Journal of Biological Chemistry*, 1932, vol. 98, pp. 719-733.
9. Gornall A. G., Bardawill C. S., David M. M. Determination of Serum Proteins by Means of the Biuret Method. *Journal of Biology Chemistry*, 1949, vol. 177, pp. 751-766.
10. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen receptor. *Annals of clinical biochemistry*, 1969, vol. 6, pp. 24-27.
11. Henry R. J., Cannon D. C., Winkelman J. W. *Clinical Chemistry: Principles and Techniques*. New York, Happer and Row Publishers, 1974. P. 1629.
12. Zollner N., Kirsch K. Colorimetric method for determination of total lipid in serum. *Z. Ges. Exp. Med.*, 1962, no. 135, pp. 545-550.
13. *Metody veterinarnoi klinicheskoi laboratornoi diagnostiki: spravochnik* [Veterinary clinical laboratory diagnostic methods: reference book]. Pod redaktsiei professora I. P. Kondrakhina. Moscow, KolosS Publ., 2004. 520 p.
14. Sedov S. I., Rumiantsev V. D., Krivasova S. B., Iusupov M. K. Nekotorye osobennosti zhirovogo i belkovogo obmena u kaspiiskogo tiulenia v estestvennykh usloviakh i pri eksperimental'nom golodanii [Characteristics of fat and protein metabolism in Caspian seal in natural conditions and during experimental starvation]. *Energeticheskie aspekty rosta i obmena vodnykh zhivotnykh*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1972. Pp. 198-200.
15. Detlaf T. A. i dr. *Metody biologii razvitiia. Eksperimental'no-embriologicheskoe, molekuliarno-biologicheskoe i tsitologicheskoe* [Developmental biology methods. Experimental embryological, molecular biological and cytological]. Pod redaktsiei T. A. Detlaf. Moscow, Nauka Publ., 1974. 619 p.
16. Romeis B. *Mikroskopicheskaiia tekhnika* [Microscopic technique]. Moscow, Inostrannaia literatura Publ., 1954. 718 p.
17. Merkulov G. A. *Kurs patologogistologicheskoi tekhniki* [Course of pathologic-histological technique]. Leningrad, Meditsina Publ., 1969. 423 p.
18. Lakin G. F. *Biometriia* [Biometrics]. Moscow, Vysshaia shkola Publ., 1990. 293 p.
19. Soldatov A. A., Parfenova I. A. Kislorodnyi rezhim skeletnykh myshts kefali-singilia (*Liza aurata*, Risso) v usloviakh eksperimental'noi gipotermii [Oxygen regime of skeletal muscles of mullet (*Liza aurata*, Risso) under experimental hypothermia]. *Trudy IBVV RAN*, 2015, no. 72 (75), pp. 91-98.
20. Zobotkina E. A., Lapirova T. B., Seredniakov V. E., Nesterova T. A. Ekologicheskaiia plastichnost' gematologicheskikh pokazatelei presnovodnykh kostistykh ryb [Ecological plasticity of hematological parameters of freshwater bony fish]. *Trudy IBVV RAN*, 2015, no. 72 (75), pp. 16-29.
21. Shatunovskii M. I. *Ekologicheskoe zakonmernosti obmena veshchestv morskikh ryb* [Ecological patterns of metabolism of sea fish]. Moscow, Nauka Publ., 1980. 238 p.
22. Nikol'skii G. V. *Chastnaia ikhtiologiia* [Partial ichthyology]. Moscow, Vysshaia shkola Publ., 1971. 472 p.

23. Shul'man G. E. *Fiziologo-biokhimicheskie osobennosti godovykh tsiklov ryb: monografiia* [Physiological and biochemical features of annual cycles of fish: monograph]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1972. 368 p.
24. Komova N. I. *Vnutrividovye osobennosti morfofunktsional'nykh i biokhimicheskikh pokazatelei fitofil'nykh ryb Rybinskogo vodokhranilishcha. Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk* [Intraspecific features of morphofunctional and biochemical parameters of phytophilic fish of the Rybinsk Reservoir. Diss.Abstr. ... Cand. Biol.Sci.]. Borok, Institut biologii vnutrennikh vod im. I. D. Papanina RAN, 2005. P. 25.
25. Khoroshko A. I. *Osobennosti biologii chernomorskikh kefalei, akklimatizirovannykh v Kaspiiskom more. Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk* [Characteristics of biology of Black Sea mullet acclimatized in the Caspian Sea. Diss.Abstr. ... Cand.Biol.Sci.]. Leningrad, 1982. 17 p.
26. Shul'man G. E., Abolmasova G. I., Stolbov A. Ia. Ispol'zovanie belka v energeticheskom obmene gidrobiontov [Using protein in energy metabolism of aquatic organisms]. *Uspekhi sovremennoi biologii*, 1993, vol. 113, iss. 5, pp. 576-586.

The article submitted to the editors 11.08.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kozlova Natalia Victorovna – Russia, 414056, Astrakhan; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Candidate of Biology; Head of the Laboratory of Molecular Genetics and Physiology; natali19_12@mail.ru.

Dubovskaya Anisia Victorovna – Russia, 414056, Astrakhan; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Leading Specialist of the Laboratory of Molecular Genetics and Physiology; anisdu@mail.ru.

Makarova Ekaterina Grigorievna – Russia, 414056, Astrakhan; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Candidate of Biology; Leading Researcher of the Laboratory of Molecular Genetics and Physiology; for.alissa2015@yandex.ru.

Markina Inna Aleksandrovna – Russia, 414056, Astrakhan; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Specialist of the Laboratory of Molecular Genetics and Physiology; klearimbee@mail.ru.

Nikitin Filipp Igorevich – Russia, 414056, Astrakhan; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Senior Specialist of the Laboratory of Molecular Genetics and Physiology; nikitinphilip@mail.ru.

