

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОЛИМФЫ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА

Л. Ю. Лагуткина¹, Е. М. Евграфова^{1, 2}, Е. Г. Кузьмина¹, А. М. Мазлов¹

¹Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация

²ООО «АКВАБИОТЕХ»,
Астрахань, Российская Федерация

Австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* в настоящее время является одним из наиболее перспективных объектов выращивания. Однако для наращивания объемов производства необходимо совершенствовать технологии культивирования, которые должны основываться на данных о физиологических и биохимических показателях. Объективным методом контроля физиологического состояния австралийских красноклешневых раков в искусственных условиях содержания является определение гематологических и биохимических показателей, которые дополняют общую характеристику гемолимфы и определяют ее «физиологическую норму». При выращивании объектов на комбикорме по разработанной авторами рецептуре установлен высокий уровень общего белка гемолимфы – $40,8 \pm 4,5$ г/л. Содержание холестерина в гемолимфе австралийских раков составило, по результатам биохимических исследований, $3,2 \pm 0,6$ ммоль/л, а концентрация бета-липопротеидов – $0,8 \pm 0,2$ г/л (уровни в пределах референтных значений). При рассмотрении гемограммы гемолимфы определены доминирующие типы и линейные размеры нативных форменных элементов. Диаметр агранулоцитов австралийских пресноводных раков варьировал от 85 до 90 мкм, полуагранулоцитов – от 90 до 95 мкм, гранулоцитов – от 65 до 78 мкм; прозрачные клетки отличались большей вариативностью размеров, которые составляли от 85 до 120 мкм. Доля гранулоцитов по отношению к иным форменным элементам превысила 50 %, для прозрачных клеток она оказалась выше 20 %, для полуагранулоцитов – 15 %, для агранулоцитов – около 5 %, что означает, что последние образуют наиболее редко встречаемую группу. Установленные соотношения специфичны для *Cherax quadricarinatus*, резко отличая его гемоцитарную характеристику от *Astacus leptodactylus*, – основного объекта сравнительного исследования. Результаты сравнительного анализа клеточного состава гемолимфы австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) демонстрируют таксономическую специфичность данного представителя пресноводной аквакультуры.

Ключевые слова: гемолимфа, гемоцитарная формула, физиолого-биохимические показатели, комбикорм, австралийский красноклешневый рак.

Для цитирования: Лагуткина Л. Ю., Евграфова Е. М., Кузьмина Е. Г., Мазлов А. М. Гематологические и биохимические показатели гемолимфы австралийского красноклешневого рака // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 2. С. 134–143. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-134-143.

Введение

Красноклешневый австралийский рак *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) является популярным объектом пресноводной аквакультуры [1]. Пресноводный десятиногий ракообразный стал важным объектом аквакультуры в нескольких странах мира из-за питательной ценности и экономической целесообразности выращивания. Объемы производства австралийского рака в Австралии – около 400 т/год, в Мексике – 50 т/год, в Белизе, Панаме и США – около 10 т/год. Широкое производство развернуто в Эквадоре, Марокко и в Испании, но точные объемы производств неизвестны [2].

Технологии выращивания данного объекта зависят от основных фондов рыбоводных предприятий, квалификации специалистов с необходимыми знаниями и опытом в области сельского и рыбного хозяйства, работающих в области культивирования нерыбных объектов [3].

Производство австралийских красноклешневых раков во многих странах рассчитано, прежде всего, на распространение продукции внутри страны, но уже в течение ряда лет наблюдается

экспортный спрос на этот объект. Но в технологии выращивания красноклешневых раков имеется ряд моментов, требующих уточнений, а именно предложений по составу рецептуры комбикормов (стартовых, производственных), оказывающему значительное влияние на улучшение физиологических и биохимических показателей и увеличение потенциала хозяйственных свойств объекта.

Данная работа направлена на определение физиологических и биохимических показателей австралийских красноклешневых раков, выращиваемых в искусственных условиях при кормлении комбикормом по рецептуре, разработанной авторами исследования.

Согласно исследованиям [4–10], объективным методом контроля физиологического состояния является определение общего белка гемолимфы как биоиндикатора условий выращивания и подсчет клеток гемолимфы (общий и дифференциальный).

Цель исследования – дополнить общую характеристику физиологического состояния австралийских красноклешневых раков гематологическими и биохимическими показателями, а также гемоцитарной формулой (гемограмма) [11, 12].

Материалы и методы исследования

Экспериментальные работы проводили на базе Инновационного центра «Биоаквапарк – НТЦ аквакультуры» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». В качестве объектов исследования использовались особи австралийских красноклешневых раков *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) рода *Cherax*. При выращивании ракообразные содержались в рыбоводных емкостях объемом 400 л, оснащенных укрытиями, при разреженной плотности посадки, с оборотной водоочисткой и подогревом воды. Контроль за гидрохимическими показателями водной среды проводили ежедневно в соответствии с общепринятыми гидрохимическими методами. Температура воды составила +27,0 °С, содержание кислорода – 7,4–8,2 мг/л, соблюдался режим освещения «день/ночь».

Выращивание производили на рецептуре комбикорма, разработанной авторами [13–18], общий состав экспериментальной рецептуры представлен компонентами растительного происхождения (пшеничная мука, соевая мука, мука из тыквы, морковь, укроп), животного происхождения (рыбная и мясокостная мука, гаммарусы и дафнии), минеральными веществами (мел и минеральный премикс), жировыми компонентами (подсолнечное масло и рыбий жир), дополнительным компонентом (закрепитель гранул).

Физиологическое состояние выращиваемых объектов оценивалось по биохимическим показателям [19–22], отбор гемолимфы проводился *in vivo* по указаниям [23], из вентрального синуса прижизненно с сохранением здоровья, с соблюдением мер асептики и антисептики.

Измерение оптической плотности экспериментальных проб проводили при помощи спектрофотометра Unicо 2100. Изучение наиболее мелких деталей на гистологических препаратах гемолимфы производили с помощью электронного микроскопа Olympus (Япония).

Гемоцитарную формулу процентного соотношения различных типов гемоцитов определяли по мазкам гемолимфы австралийских красноклешневых раков. Мазки гемолимфы готовили при помощи фиксатора-красителя фирмы «Ольвекс-диагностикум» (Россия), используя метод Май-Грюнвальда. Идентификацию гемоцитов проводили по стадиям их цитогенеза, оценивая дифференциальным подсчетом 4-х типов клеток. Для сравнительного анализа гемоцитарной формулы гемолимфы австралийских раков использовали данные по речным ракам из литературных источников [23, 24].

В ходе экспериментальной работы полученные данные статистически обработали методом вариационной статистики с использованием программы Microsoft Excel 2016. При расчете применили *t*-критерий Стьюдента, достоверными считались различия показателей при $p < 0,05$.

Результаты исследований

Исследованиями установлено, что при выращивании австралийских раков сбалансированный комбикорм, отвечающий физиологическим потребностям объекта, удовлетворительно отражается на показателе темпа роста и уровне белка гемолимфы. Физиологические и биохимические показатели гемолимфы раков, выращенных на экспериментальном комбикорме, представлены в табл. 1.

Биотехнологические показатели выращивания *Cherax quadricarinatus*

Показатель	Значение
Условия содержания	
Объем емкости, м ³	4
Уровень воды, см	70
pH	7,2
O ₂ , мг/л	8,1
Кормление, раз/сут	2
Плавучесть используемого корма	отрицательная (тонущие)
Период выращивания, сут	120
Рыбоводно-биологические показатели	
Абсолютный прирост, г	75,6
Кормовой коэффициент	0,9
Физиолого-биохимические показатели	
Общий белок, г/л	40,8 ± 4,5
Холестерин, ммоль/л	3,2 ± 0,6
Бета-липопротеиды, г/л	0,8 ± 0,2
Выживаемость, %	80

В результате анализа гемолимфы ракообразных установлено, что содержание общего белка составило $40,8 \pm 4,5$ г/л. Высокий уровень общего белка как биоиндикатора свидетельствует о качественных условиях выращивания, повышенном уровне обмена веществ, а также о достаточной подготовленности генеративного обмена у особей австралийских раков.

Поступление источников липидов отражается на показателе холестерина в гемолимфе у ракообразных, что впоследствии влияет на статус липидного обмена организма. Холестерин участвует в образовании половых гормонов, подготавливает производителей к нересту, увеличивает плодовитость. Также холестерин улучшает стрессоустойчивость, формируя естественную реакцию организма на стресс, стимулирует выделение адренокортикотропина, который, в свою очередь, обеспечивает синтез и секрецию кортикоидных гормонов (кортизола, кортизона, кортикостерона) [25]. О неудовлетворительном состоянии организма свидетельствует показатель уровня холестерина в гемолимфе выше 3,5 г/л, указывая на воздействие стрессирующих факторов среды и патологию. В нашем эксперименте содержание холестерина в гемолимфе составило у австралийских раков $3,2 \pm 0,6$ ммоль/л, что находится в пределах референтных значений.

Уровень концентрации бета-липопротеидов менее 0,5 г/л и более 6 г/л свидетельствует о резорбировании половых продуктов. С патологичным уровнем бета-липопротеидов в гемолимфе производители имеют нежизнеспособную икру, т. к. в процессе ее формирования отмечаются изменения фракционного состава белков и соотношения липидов, которые переносятся в икру бета-липопротеидами. В нашем эксперименте этот показатель составил $0,8 \pm 0,2$ г/л, концентрация бета-липопротеидов находилась в пределах референтных значений.

На втором этапе экспериментальной работы исследовали гемограмму, оценка гемоцитарной формулы проводилась по дифференциальному подсчету 4-х типов гемоцитов (ГЦ) (рис. 1).

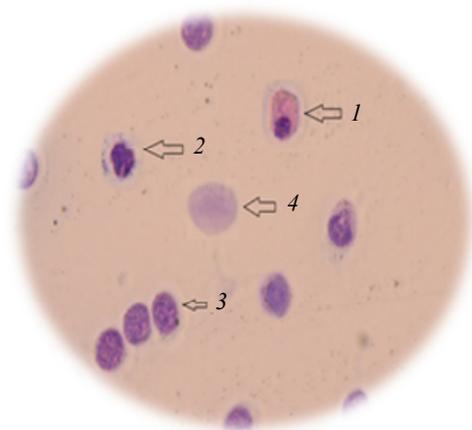


Рис. 1. Гемоциты *Cherax quadricarinatus*:
1 – агранулоцит; 2 – полугранулоцит; 3 – гранулоцит; 4 – прозрачная клетка

Оптическое микрофотографирование и дифференцировку проводили с учетом характеристики грануляции протоплазмы и размера клеток (рис. 2).



Рис. 2. Нативные форменные элементы гемолимфы *Cherax quadricarinatus*: а – агранулоцит; б – полугранулоцит; в – гранулоцит; з – прозрачная клетка

Агранулоциты (ГЦ I). У австралийского рака, судя по диаметру клеток, это не самые малые гемоциты (табл. 2), по величине занимают 3 место среди форменных элементов гемолимфы.

Таблица 2

Линейные размеры гемоцитов

Типы гемоцитов	Диаметр, мкм ($M \pm m$)
Прозрачная клетка	103,64 ± 0,6
Полугранулоцит	93,87 ± 0,1
Агранулоцит	86,7 ± 0,1
Гранулоцит	67,08 ± 0,2

*Увеличение 60 × 0,90.

У речных раков гемоциты этого типа имеют сферичную форму и малые размеры, содержат небольшое количество крошечных цитоплазматических включений. Гемоциты этого типа дольше других клеток сохраняются на стекле в неизменном виде [24].

Образцы исследовались при увеличении 60 × 0,90, диаметр агранулоцитов варьирует от 85 до 90 мкм (рис. 3).

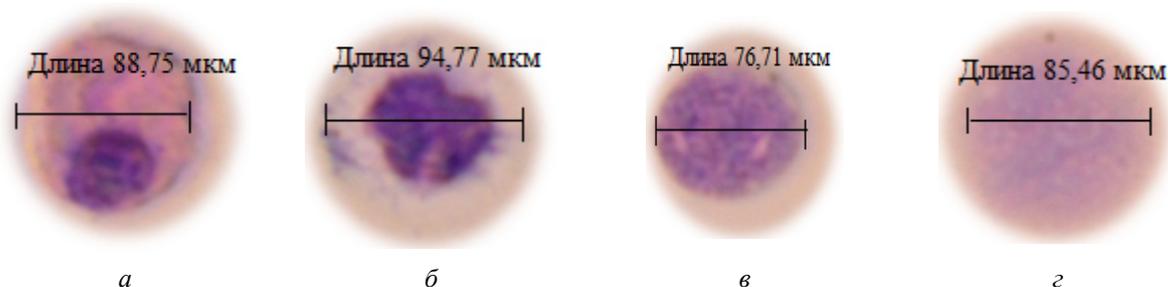


Рис. 3. Нативные форменные элементы гемолимфы (*Cherax quadricarinatus*) с обозначением диаметра форменных элементов (увеличение 60 × 0,90):

а – агранулоцит; б – полугранулоцит; в – гранулоцит; з – прозрачная клетка

Полугранулоциты (ГЦ II) у австралийских раков исследовались при увеличении микроскопа 60 × 0,90, диаметр полугранулоцитов варьирует от 90 до 95 мкм, среднее значение составляет 93,87 ± 0,1. Гемоциты этого типа более крупные по сравнению с другими форменными элементами гемолимфы. Их цитоплазма заполнена меньшим количеством микроскопических лучепреломляющих гранул. Также наблюдаются клетки веретенообразной формы с расположенным по центру ядром. Цитоплазма ГЦ II клеток на стекле быстро разрушается, а через 35 мин они становятся трудно отличимыми от ГЦ I.

Гранулоциты (ГЦ III). У австралийских пресноводных раков это самые малые гемоциты – диаметр гранулоцитов варьирует от 65 до 78 мкм. Среднее значение составляет $67,08 \pm 0,2$ мкм. Их цитоплазма заполнена многочисленными и крупными гранулами, лучепреломление высокое. По данным других авторов, у речных раков исследуемые клетки ГЦ III являются самыми крупными клетками гемолимфы и достигают больших размеров [24].

Прозрачные клетки (ГЦ IV). Диаметр прозрачных клеток у австралийских раков варьирует от 85 до 120 мкм. Среднее значение составляет $103,64 \pm 0,6$ мкм, таким образом, у австралийских раков это самые крупные клетки. При оптическом микрокопировании на стекле ядра клеток ГЦ IV не просматриваются из-за большого количества цитоплазмы.

В табл. 3 представлена гемоцитарная формула австралийских красноклешневых раков.

Таблица 3

Гемоцитарная формула *Cherax quadricarinatus*

Показатель	Значение, $M \pm m$
Агранулоцит	$5,0 \pm 0,1$
Полугранулоцит	$15,0 \pm 0,6$
Гранулоцит	$57,0 \pm 1,2$
Прозрачная клетка	$23,0 \pm 1,8$

Процентное соотношение гранулоцитов, стабильно встречающихся в гемолимфе, а также прозрачных клеток составило $57,0 \pm 1,2$ и $23,0 \pm 1,8$ % соответственно. У австралийского рака нативные форменные элементы гемолимфы встречались редко – агранулоциты $5,0 \pm 0,1$ %, полугранулоциты $15,0 \pm 0,6$ %, что подтверждено статистически.

Таким образом, в результате изучения гемограммы были выявлены наиболее стабильные формы: у австралийских раков – гранулоциты, процентное соотношение которых по отношению к другим форменным клеткам составило более 50 %, и прозрачные клетки, процентное соотношение которых по отношению к другим форменным клеткам составило более 20 %; промежуточную встречаемость занимают полугранулоциты – до 15 %; редко встречаемой группой оказались агранулоциты – около 5 %.

В части видовой специфичности в процентном соотношении клеточных элементов гемолимфы были замечены различия, так, у австралийских раков агранулоциты встречались очень редко (5,0 %) и не на всех мазках, в отличие от пресноводных раков (40,0 %) [23] (рис. 4).

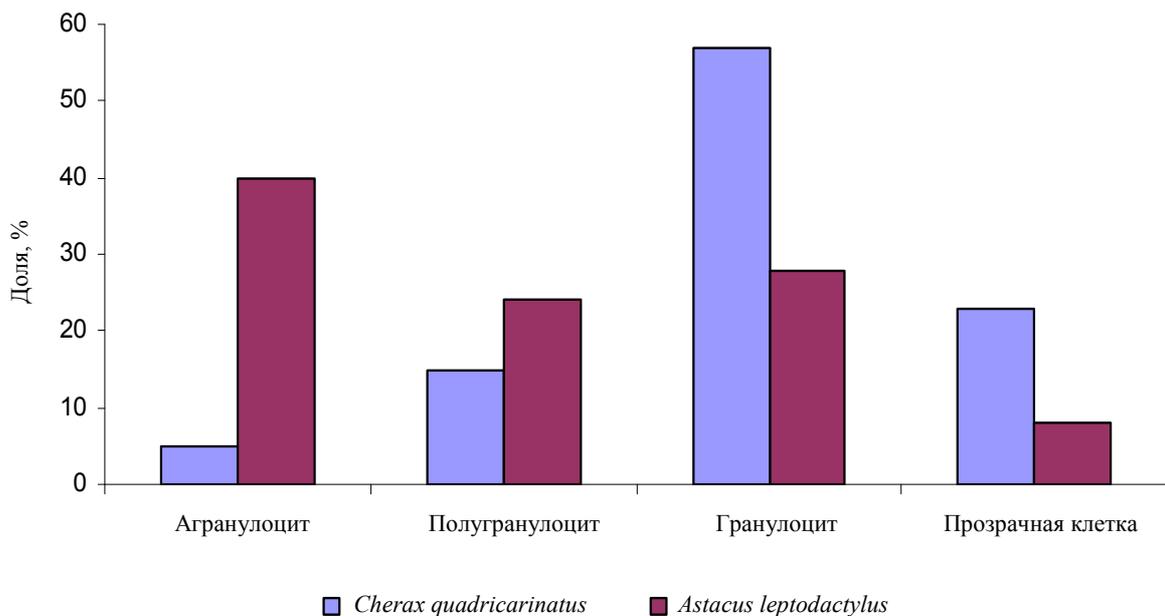


Рис. 4. Соотношение форменных клеток гемолимфы

Полугранулоциты занимают промежуточное положение у обоих видов, но у широкопалых речных раков данный форменный элемент встречался чаще ($p > 0,05$). Преобладающими клеточными элементами гемолимфы у австралийских раков были гранулоциты (57,0 %), их было значительно больше [23], чем у речных раков (27,8 %). Доля прозрачных клеток у австралийских раков составила 23 %, у речных раков этот форменный элемент гемолимфы меньше в 3 раза и составляет 8 %.

Результаты сравнительного анализа клеточного состава гемолимфы австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) демонстрируют таксономическую специфичность данного представителя пресноводной аквакультуры.

Заключение

Сбалансированный комбикорм при выращивании австралийских раков отвечал физиологическим потребностям объекта, что удовлетворительно отразилось на показателе темпа роста. Также был установлен высокий уровень биоиндикатора качества условий содержания – общего белка гемолимфы. При обзоре клеточных элементов гемолимфы по морфологическим признакам выделили четыре группы гемоцитов – агранулоциты (ГЦ I), полугранулоциты (ГЦ II), гранулоциты (ГЦ III) и прозрачные клетки (ГЦ IV). У австралийских раков агранулоциты встречались очень редко и не на всех мазках, промежуточное положение занимают полугранулоциты, преобладающими клеточными элементами гемолимфы у австралийских раков являются гранулоциты, что свидетельствует о таксономической специфичности вида и качественно отличает процентное соотношение клеточных элементов гемолимфы от такового у представителей речных раков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лагуткина Л. Ю., Пономарев С. В. Органическая аквакультура как перспективное направление рыбохозяйственной отрасли (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 2. С. 326–336.
2. Cultured Aquatic Species Information Programme *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). URL: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cherax_quadricarinatus/en#tcNA00FE (дата обращения: 22.01.2021).
3. Alecon. Разведение австралийского рака. URL: http://alecon.co.il/article/tyba_uzv/razvedenie-krasnokleshneвого-raka-akvakultura.html (дата обращения: 22.01.2021).
4. Корягина Н. Ю. Физиолого-биохимическая характеристика речных раков при выращивании в искусственных условиях: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Изд-во РГАУ МСХА, 2010. 21 с.
5. Алякринская И. О. О буферных свойствах гемолимфы некоторых моллюсков // Зоологич. журн. 1972. Т. 1. № 2. С. 189–196.
6. Житенева Л. Д., Полтавцева Т. Г., Рудницкая О. А. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. Ростов н/Д.: Ростов. книж. изд-во, 1989. 109 с.
7. Черкашина Н. Я. Динамика популяций раков родов *Pontastacus* и *Caspiastacus* (Crustacea, Decapoda, Astacidae) и пути их увеличения. М.: ФГУП «Иацрыбресурс», 2002. 257 с.
8. Александрова Е. Н., Кочева Н. П. Прижизненное определение физиологического статуса десятиногих ракообразных (Crustacea: Decapoda) по гематологическим показателям // Успехи физиологических наук. 2010. Т. 41. № 2. С. 51–67.
9. Александрова Е. Н., Белякова В. И., Борисов Р. Р., Комарова Е. А., Корягина Н. Ю., Пронина Т. П. Культивирование речных раков в неспускных водоемах по пастбищному типу // Сб. науч. тр. ГНУ ВНИИР и РГАУ – МСХА им К. А. Тимирязева по итогам Междунар. науч.-практич. конф., посв. 60-летию Моск. рыбоводно-мелиоратив. опытной станции и ВНИИР. М.: ГНУ ВНИИ ирригационного рыбоводства, 2005. Т. 3. С. 86–95.
10. Пронина Г. И., Корягина Н. Ю., Ревякин А. О. Сравнительная оценка речных раков разных видов по биохимическим и гематологическим показателям // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. 2009. № 4 (24). С. 186–188.
11. Huiqun Chen, Shan Jin, Guoliang Wang, Juexiao Xie. Hemocytes and biochemical structure of blood at *Portunus trituberculatus* // Fish. Sei. 23. 2004. N. 6. P. 1–4.
12. Sean Taylor, Michael J. Landman. Flow Cytometric Characterization of Freshwater Crayfish Hemocytes for the Examination of Physiological Status in Wild and Captive Animals // Journal of Aquatic Animal Health. 2009. N. 21 (3). P. 195–203.
13. Лагуткина Л. Ю., Пономарев С. В. Марикультура. Культивирование креветок. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2005. 72 с.

14. Степанов Р. В., Шейхгасанов К. Г., Лагуткина Л. Ю., Мартьянов А. С. Оптимизация технологии кормления австралийских раков с помощью рецептур экспериментальных кормов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2016. № 1. С. 77–87.
15. Lagutkina L., Nevalenyyu A., Akhmedzhanova A., Ponomarev S., Fedorovykh Y. Biotech aspects of Caridean shrimp cultivation // 13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2020: E3S Web of Conferences 175, 02003 (2020). URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017502003> (дата обращения: 22.01.2021).
16. Лагуткина Л. Ю. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2017. № 1. С. 67–78.
17. Лагуткина Л. Ю., Кузьмина Е. Г., Бирюкова М. Г., Першина Е. В. Биопродуктивность прудов VI рыболовной зоны // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 87–94.
18. Лагуткина Л. Ю., Кузьмина Е. Г., Ахмеджанова А. Б., Таранина А. А., Ясинский В. С., Пономарев Р. А. Фактологическое обеспечение практик повышения эффективности выращивания тропических пресноводных видов // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2020. № 2. С. 94–105.
19. Филиппович Ю. Б., Егорова Т. А., Севастьянова Г. А. Практикум по общей биохимии. М.: Просвещение, 1975. 318 с.
20. Fishbach F. T., Dunning M. B. A manual of laboratory diagnostic tests: 7th ed. Lppincott Williams & Wilkins, 2004. 1291 p.
21. Soderhall K., Johansson M. W., Smith V. J. Internal Defence Mechanisms // Fresh-water crayfish. Biology, management and exploitation / edited by D. M Holdich and R. S. Lowery. Timber Press Portland, 1988. P. 213–235.
22. Колб В. Г., Камышиников В. С. Клиническая биохимия: пособие для врачей-лаборантов. Минск: Беларусь, 1976. 311 с.
23. Иванов А. А., Корягина Н. Ю., Пронина Г. И., Ревякин А. О. Физиолого-биохимические адаптации речных раков (*Astacus astacus*) при изменении минерализации водной среды // Зоотехния. 2011. № 3. С. 120–128.
24. Иванов А. А., Пронина Г. И., Корягина Н. Ю., Ревякин А. О. Гомеостаз внутренней среды гидробионтов: видовые особенности хладнокровных // Изв. ТСХА. 2013. № 3. С. 75–88.
25. Матишов Г. Г., Кокоза А. А., Металлов Г. Ф., Гераскин П. П. Комплексный подход к проблеме сохранения и воспроизводства осетровых рыб Каспийского моря. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. 352 с.

Статья поступила в редакцию 29.01.2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лина Юрьевна Лагуткина – канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры аквакультуры и рыболовства; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; lagutkina_lina@mail.ru.

Елена Михайловна Евграфова – магистрант кафедры аквакультуры и рыболовства; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; генеральный директор; ООО «АКВАБИОТЕХ»; Россия, 416101, Астрахань; Leno4ka-23.08@mail.ru.

Евгения Германовна Кузьмина – канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры прикладной биологии и микробиологии; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; evg-kuzmina@yandex.ru.

Алексей Михайлович Мазлов – аспирант кафедры аквакультуры и рыболовства; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; mazalex87@mail.ru.



HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS OF AUSTRALIAN RED-CLAW CRAYFISH HEMOLYMPH

L. Yu. Lagutkina¹, E. M. Evgrafova^{1,2}, E. G. Kuzmina¹, A. M. Mazlov¹

¹Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation

²ООО "AQUABIOTECH",
Astrakhan, Russian Federation

Abstract. The article describes Australian red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, which is currently one of the most promising cultivation targets. However, to increase production volumes, it is necessary to improve cultivation technologies, which should be based on the data of physiological and biochemical parameters. An objective method for monitoring the physiological state of Australian red claw crayfish in the artificial conditions is determining its hematological and biochemical indicators that complement the general characteristics of hemolymph and later define its physiological norm. When giving the objects the compound feed, which the authors produced by their own recipe, there was recorded a high level of total hemolymph protein of 40.8 ± 4.5 g/l. According to the results of biochemical research, the cholesterol content in the hemolymph of Australian crayfish was 3.2 ± 0.6 mmol/l, and the concentration of lipoproteins was 0.8 ± 0.2 g/l (levels within the reference values). When considering the hemogram of hemolymph there were found the dominant types and linear dimensions of native formed elements. The diameter of agranulocytes in Australian freshwater crayfish varied from 85 to 90 μm , semi-granulocytes - from 90 to 95 μm , granulocytes - from 65 to 78 μm , transparent cells differed by greater variability in size, which ranged from 85 to 120 μm . The part of granulocytes in relation to other shaped elements exceeded 50%, for transparent cells it turned out to be above 20%, for semi-granulocytes - about 15% and for agranulocytes - about 5%, which means that the latter form the rarest group. The established ratios are specific for *Cherax quadricarinatus*, its hemocytic characteristics greatly differs from *Astacus leptodactylus*, which is the main object of comparative research. The results of comparative analysis of the cellular composition of the hemolymph of the Australian freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) demonstrate the taxonomic specificity of this representative of freshwater aquaculture.

Key words: hemolymph, hemocyte formula, physiological and biochemical parameters, compound feed, Australian red claw crayfish.

For citation: Lagutkina L. Yu., Evgrafova E. M., Kuzmina E. G., Mazlov A. M. Hematological and biochemical indicators of Australian red-claw crayfish hemolymph. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2021;2:134-143. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-134-143.

REFERENCES

1. Lagutkina L. Yu., Ponomarev S. V. Organicheskaia akvakul'tura kak perspektivnoe napravlenie rybokhoziaistvennoi otrasli (obzor) [Organic aquaculture as promising direction of fishery industry (review)]. *Sel'skokhoziaistvennaia biologiya*, 2018, vol. 53, no. 2, pp. 326-336.
2. *Cultured Aquatic Species Information Programme Cherax quadricarinatus (von Martens, 1868)*. Available at: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cherax_quadricarinatus/en#tcNA00FE (accessed: 22.01.2021).
3. Alecon. *Razvedenie avstraliiskogo raka* [Breeding Australian crayfish]. Available at: http://alecon.co.il/article/ryba_uzv/razvedenie-krasnokleshnevo-raka-akvakultura.html (accessed: 22.01.2021).
4. Koriagina N. Yu. *Fiziologo-biokhimicheskaia kharakteristika rechnykh rakov pri vyrashchivanii v iskusstvennykh usloviyakh. Avtoreferat dissertatsii ... kand. biol. nauk* [Physiological and biochemical characteristics of crayfish grown in artificial conditions. Diss. Abstr Cand. Bio. Sci.]. Moscow, Izd-vo RGAU MSKhA, 2010. 21 p.
5. Alikrinskaia I. O. O bufernykh svoistvakh gemolimfy nekotorykh molliuskov [On buffer properties of hemolymph of mollusks]. *Zoologicheskii zhurnal*, 1972, vol. 1, no. 2, pp. 189-196.
6. Zhiteneva L. D., Poltavtseva T. G., Rudnitskaia O. A. *Atlas normal'nykh i patologicheskii izmenennykh kletok krovi ryb* [Atlas of normal and pathologically altered fish blood cells]. Rostov-on-Don, Rostovskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1989. 109 p.

7. Cherkashina N. Ia. *Dinamika populatsii rakov rodov Pontastacus i Caspiastacus (Crustacea, Decapoda, Astacidae) i puti ikh uvelicheniia* [Population dynamics of crayfish of genera Pontastacus and Caspiastacus (Crustacea, Decapoda, Astacidae) and ways of their increase]. Moscow, FGUP «Iatsrybresurs» Publ., 2002. 257 p.
8. Aleksandrova E. H., Kocheva N. P. Prizhiznennoe opredelenie fiziologicheskogo statusa desiatinogikh rakoobraznykh (Strustacea: Decapoda) po gematologicheskim pokazateliyam [Intravital determination of the physiological status of decapod crustaceans (Crustacea: Decapoda) by hematological parameters]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, 2010, vol. 41, no. 2, pp. 51-67.
9. Aleksandrova E. H., Beliakova V. I., Borisov P. P., Komarova E. A., Koriagina N. Iu., Pronina T. P. Kul'tivirovanie rechnykh rakov v nespusknykh vodoemakh po pastbishchnomu tipu [Cultivating crayfish in non-draining reservoirs by pasture type]. *Sbornik nauchnykh trudov GNU VNIIR i RGAU – MSKhA im K. A. Timiriazeva po itogam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 60-letiiu Moskovskoi rybovodno-meliorativnoi opytnoi stantsii i VNIIR*. Moscow, GNU VNII irrigatsionnogo rybovodstva, 2005. Vol. 3. Pp. 86-95.
10. Pronina G. I., Koriagina N. Iu., Reviakon A. O. Sravnitel'naia otsenka rechnykh rakov raznykh vidov po biokhimicheskim i gematologicheskim pokazateliyam [Comparative assessment of different species of crayfish by biochemical and hematological parameters]. *Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2009, no. 4 (24), pp. 186-188.
11. Huiqun Chen, Shan Jin, Guoliang Wang, Juexiao Xie. Hemocytes and biochemical structure of blood at *Portunus trituberculatus*. *Fish. Sei.* 23, 2004, no. 6, pp. 1-4.
12. Sean Taylor, Michael J. Landman. Flow Cytometric Characterization of Freshwater Crayfish Hemocytes for the Examination of Physiological Status in Wild and Captive Animals. *Journal of Aquatic Animal Health*, 2009, no. 21 (3), pp. 195-203.
13. Lagutkina L. Iu., Ponomarev S. V. *Marikul'tura. Kul'tivirovanie krevetok* [Mariculture. Shrimp cultivation]. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2005. 72 p.
14. Stepanov R. V., Sheikhasanov K. G., Lagutkina L. Iu., Mart'ianov A. S. Optimizatsiia tekhnologii kormleniia avstraliiskikh rakov s pomoshch'iu retseptur eksperimental'nykh kormov [Optimization of feeding technology for Australian crayfish using experimental feed formulations]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Serii: Rybnoe khoziaistvo*, 2016, no. 1, pp. 77-87.
15. Lagutkina L., Nevalennyi A., Akhmedzhanova A., Ponomarev S., Fedorovykh Y. Biotech aspects of Caridean shrimp cultivation. *13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2020: E3S Web of Conferences 175, 02003 (2020)*. Available at: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017502003> (accessed: 22.01.2021).
16. Lagutkina L. Iu. Perspektivnoe razvitie mirovogo proizvodstva kormov dlia akvakul'tury: al'ternativnye istochniki syr'ia [Prospective development of world production of feed for aquaculture: alternative sources of raw materials]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Serii: Rybnoe khoziaistvo*, 2017, no. 1, pp. 67-78.
17. Lagutkina L. Iu., Kuz'mina E. G., Biriukova M. G., Pershina E. V. Bioproduktivnost' prudov VI rybovodnoi zony [Bioproductivity of ponds in VI fish breeding zone]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Serii: Rybnoe khoziaistvo*, 2019, no. 4, pp. 87-94.
18. Lagutkina L. Iu., Kuz'mina E. G., Akhmedzhanova A. B., Taranina A. A., Iasinskii V. S., Ponomarev R. A. Faktologicheskoe obespechenie praktik povysheniia effektivnosti vyrashchivaniia tropicheskikh presnovodnykh vidov [Factual support of practices for increasing efficiency of growing tropical freshwater species]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Serii: Rybnoe khoziaistvo*, 2020, no. 2, pp. 94-105.
19. Filippovich Iu. B., Egorova T. A., Sevast'ianova G. A. *Praktikum po obshechei biokhiii* [Workshop on general biochemistry]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1975. 318 p.
20. Fishbach F. T., Dunning M. B. *A manual of laboratory diagnostic tests*. Lppincott Williams & Wilkins, 2004. 1291 p.
21. Soderhall K., Johansson M. W., Smith V. J. Internal Defence Mechanisms. *Fresh-water crayfish. Biology, management and exploitation*. Edited by D. M Holdich and R. S. Lowery. Timber Press Portland, 1988. Pp. 213-235.
22. Kolb V. G., Kamyshnikov V. S. *Klinicheskaiia biokhiiiia: posobie dlia vrachei-laborantov* [Clinical biochemistry: instructions for laboratory physicians]. Minsk, Belarus' Publ., 1976. 311 p.
23. Ivanov A. A., Koriagina N. Iu., Pronina G. I., Reviakin A. O. Fiziologo-biokhimicheskie adaptatsii rechnykh rakov (*Astacus astacus*) pri izmenenii mineralizatsii vodnoi sredy [Physiological and biochemical adaptations of crayfish (*Astacus astacus*) with changes in mineralization of aquatic environment]. *Zootekhniia*, 2011, no. 3, pp. 120-128.
24. Ivanov A. A., Pronina G. I., Koriagina N. Iu., Reviakin A. O. Gomeostaz vnutrennei sredy gidrobiontov: vidovye osobennosti khladnokrovnykh [Homeostasis of internal environment of aquatic organisms: specific features of cold-blooded animals]. *Izvestiia TSKhA*, 2013, no. 3, pp. 75-88.

25. Matishov G. G., Kokoza A. A., Metallov G. F., Geraskin P. P. *Kompleksnyi podkhod k probleme sokhraneniia i vosproizvodstva osetrovyykh ryb Kaspiiskogo moria* [Integrated approach to problem of conservation and reproduction of sturgeon fish in Caspian Sea]. Rostov-on-Don, Izd-vo IuNTs RAN, 2017. 352 p.

The article submitted to the editors 29.01.2021

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Lina Yu. Lagutkina – Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Aquaculture and Fisheries; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; lagutkina_lina@mail.ru.

Elena M. Evgrafova – Master's Course Student of the Department of Aquaculture and Fisheries; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; General Director; AQUABIOTECH LLC; Russia, 416101, Astrakhan; Leno4ka-23.08@mail.ru.

Evgeniia G. Kuzmina – Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Applied Biology and Microbiology; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; evg-kuzmina@yandex.ru.

Alexey M. Mazlov – Postgraduated Student of the Department of Aquaculture and Fisheries; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056; Astrakhan; mazalex87@mail.ru.

