Обзорная статья

https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-1-48-59
УДК 639.51

Поступила: 22.01.2025 Доработана: 28.02.2025 Принята: 11.03.2025

CBVDZL

МАТЕРИАЛЫ К ТЕХНОЛОГИИ ПРУДОВОГО ВЫРАЩИВАНИЯ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868)

Рудой Дмитрий Владимирович, Ольшевская Анастасия Владимировна, Шевченко Виктория Николаевна✉, Головко Лилия Сергеевна, Оганисян Марина Мушеговна
Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия
✉vikakhorosheltseva@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Введение. Устойчивое развитие аквакультуры на юге России невозможно без комплексного анализа эффективности использования рыбоводных площадей, в том числе в части перспектив введения в сложившийся спектр выращиваемых видов новых объектов. Одним из таких видов, выращивание которого возможно в условиях V–VI зон прудового рыбоводства, является австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868), локальное выращивание которого уже регистрируется в Ростовской и Астраханской областях, Ставропольском крае, Краснодарском крае.

Цель исследования заключается в комплексном анализе литературных источников, посвященных биологической характеристике австралийского красноклешневого рака и особенностям прудового этапа выращивания вида.

Методы. В работе использован сравнительно-аналитический метод исследований. Из проанализированных более 150 источников, полученных из информационных и реферативных баз данных, отобрано было 34 публикации.

Результаты. Установлено, что для австралийского красноклешневого рака оптимальным диапазоном температур является 24–30 °С. Показано, что наиболее экономически эффективной технологией является комбинированный метод выращивания, сочетающий в себе индустриальный (бассейновый) и прудовый этапы. Представлены материалы к технологии прудового выращивания австралийского красноклешневого рака.

Выводы. В результате проведенного комплексного анализа установлено, что биологические особенности австралийского красноклешневого рака позволяют осуществлять его успешное выращивание в условиях юга России.

Ключевые слова: австралийский рак, красноклешневый рак, *Cherax quadricarinatus*, аквакультура, технологии выращивания, биотехнология

Финансирование
Исследование выполнено при поддержке гранта в рамках конкурса «Наука-2030».

Для цитирования: Рудой Д.В., Ольшевская А.В., Шевченко В.Н., Головко Л.С., Оганисян М.М., Материалы к технологии прудового выращивания австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) *Аграрный вестник Северного Кавказа.* 2025;15(1):48-59. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-1-48-59 EDN CBVDZL

Review article
https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-1-48-59
EDN CBVDZL
УДК 639.51

Received: 22.01.2025 Revised: 28.02.2025 Accepted: 11.03.2025

MATERIALS FOR THE TECHNOLOGY FOR POND CULTIVATION OF THE AUSTRALIAN RED-CLAW CRAYFISH *Cherax Quadricarinatus* (von Martens, 1868)

Dmitry V. Rudoy, Anastasia V. Olshevskaya, Victoria N. Shevchenko✉, Liliya S. Golovko, Marina M. Oganisyan
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia
✉vikakhorosheltseva@gmail.com

ABSTRACT

Introduction. The sustainable development of aquaculture in the South of Russia is impossible without a comprehensive analysis of the efficiency of fish farm areas, including the prospects for introducing new objects into the existing range of farmed species. One such species that can be cultivated in the conditions of pond aquaculture zones V–VI is the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). The cultivation in Russia is already registered in the Rostov, Astrakhan, Stavropol and Krasnodar territories.

The aim of the study is to comprehensively analyze literary sources devoted to the biological characteristics of the Australian red claw crayfish and the features of the pond stage of growing the species.

Methods. The work is based on a comparative-analytical research method. More than 150 sources from open informational and research databases were analyzed. 34 works were selected for the review.

Results. It was found that the optimal temperature range for the Australian red claw crayfish is 24–30 °C. It was shown that the most cost-effective technology is a combined method of cultivation, including industrial (pool) and pond stages. Materials for creating a technology for the pond stage of cultivation were observed.

Conclusions. Thus, the conducted comprehensive analysis showed that the biological characteristics of the Australian red claw crayfish enable its successful cultivation in the conditions of the South of Russia.

Keywords: Australian crayfish, red-claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, aquaculture, cultivation technologies, biotechnology

Funding

The study was supported by a grant within the framework of the «Nauka-2030».

For citing: Rudoy D.V., Olshevskaya A.V., Shevchenko V.N.,Golovko L.S., Oganisyan M.M. Materials for the Technology for Pond Cultivation of the Australian Red-Claw Crayfish *Cherax Quadricarinatus* (von Martens, 1868). *Agrarian Bulletin of the North Caucasus.* 2025;15(1):48-59. https://doi.org/10.31279/2949-4796-2025-15-1-48-59 EDN CBVDZL

ВВЕДЕНИЕ

Ракообразные во всем мире являются важным объектом рыболовства и аквакультуры. Высокое хозяйственное значение имеют представители отряда десятиногих раков (*Decapoda*) с позиций рекреационной, культурной, этической, эстетической, научной, технологической и образовательной ценности [1]. Ракообразные выполняют и важную экологическую роль в водных экосистемах, ускоряя процессы минерализации путем употребления в пищу детрита [2].

Согласно материалам мировой рыбохозяйственной статистики, до 1969 г. продукция аквакультуры ракообразных не превышала 10 тыс. т (2–6 тыс. т ежегодно), после чего к 1981 г. объемы выращивания превысили 100 тыс. т и к 2021 г. составили уже 11 885 тыс. т [3]. При этом объем выращивания пресноводных ракообразных составляет менее половины от общего количества, но намечается динамика к увеличению их доли в общем объеме.

Австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) занимает второе место в мировой аквакультуре по объемам его искусственного выращивания для удовлетворения потребительского спроса [1]. Высокие вкусовые качества определяют его как одного из наиболее ценных пресноводных ракообразных в мире [4]. В Китае в 2023 г. было выращено 20 000 т австралийского рака, а стоимость реализации продукции составляет в среднем 20 $/кг (около 2000 руб.) для особей массой 50–100 г [5]. Несмотря на его широкую представленность и значимость в аквакультуре зарубежных стран, в Российской Федерации хозяйствующие субъекты распространены локально.

Австралийский красноклешневый рак – пресноводный вид из семейства *Parastacidae Huxley*, 1879 отряда *Decapoda Latreille*, 1802 – эндемик тропических и субтропических зон пресных вод Северной территории Австралии и южной части Новой Гвинеи [1]. Климатические условия Южного федерального округа, в особенности в летний период, удовлетворяют биологическим потребностям австралийского рака, что делает этот объект перспективным для масштабирования в условиях аквакультуры и развития нового направления на юге России – аквакультуры ракообразных (астацикультуры). При выращивании красноклешневого рака в искусственных условиях основные проблемы, с которыми могут столкнуться практикующие специалисты, связаны с недостаточностью сведений о профилактике и лечении заболеваний различной природы, а также с высокой степенью каннибализма (особенно при выращивании в бассейнах). Кроме того, снижению экономической эффективности будет способствовать сезонность прудового выращивания, ограничивающаяся летне-осенними месяцами, а также отсутствие на отечественном рынке специализированных кормов [6].

Целью настоящего исследования является сбор, анализ и обобщение сведений о биологической характеристике австралийского красноклешневого рака и особенностях прудового этапа выращивания вида.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При написании работы использовался сравнительно-аналитический метод исследований. Информационной основой послужили результаты исследований, опубликованных в открытом доступе. Поиск источников осуществлялся в реферативных и информационных базах данных: E-library, Российская государственная библиотека, Science direct, Research Gate, Google Scholar, National MedLine, онлайн-библиотека Wiley и др. Для поиска информации использовали следующие ключевые слова: «*Cherax quadricarinatus*», «австралийский красноклешневый рак», «Australian red claw crayfish», «красноклешневый рак», «red claw crayfish», «аквакультура», «aquaculture», «ракообразные», «crustaceans», «температурный оптимум», «temperature optimum», «гидрохимические условия», «hydrochemical conditions», «пруды», «ponds», «выращивание», «growing» по отдельности или в различных комбинациях. Временной диапазон при поиске не задавался с целью изучения более обширного количества источников. При проведении исследования в общей сложности было проанализировано более 150 литературных источников. В результате в обзор вошли материалы анализа 34 публикаций.

Используемые в работе иллюстрации получены в лаборатории индустриальной аквакультуры ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (г. Ростов-на-Дону) при реализации гранта в рамках конкурса «Наука-2030» в январе 2025 г.

КРАТКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Благодаря своим биологическим особенностям изучаемый вид признается подходящим для выращивания в условиях аквакультуры: высокие темпы роста (достигают коммерческого размера 40–200 г за 6–9 месяцев), толерантность к низкой концентрации растворенного в воде кислорода, а также к широкому диапазону значений жесткости, щелочности и pH [7]. Красноклешневый рак является гонохорическим видом, в модели которого самцы демонстрируют более высокие темпы роста [8]. Помимо высоких вкусовых качеств, австралийские раки обладают привлекательным внешним видом, окрас тела которых может варьировать от коричневого до синего и зеленого [9]. У самцов имеется характерное красное пятно мягкой, некальцинированной тонкой красной или беловатой мембраны на проподусе (неподвижный «палец» клешни первой пары конечностей, расположенный между карпусом и дактилусом) (рисунок 1), что является одним из внешних проявлений полового диморфизма [10].

Кроме того, определение пола возможно путем визуального осмотра расположения гонопоров в основании третьих переоподов у самок (рисунок 2а) или в основании пятых переоподов у самцов (рисунок 2б) [8].



Рис. 1 – Внешний вид самца австралийского красноклешневого рака с характерным красным пятном на проподусе (фотография авторов)
Fig. 1 – Appearance of a male Australian red claw crayfish with a characteristic red spot on the propodus (photo by the authors)

Необходимо отметить, что в популяциях красноклешневого рака встречаются интерсексуальные особи, сочетающие фенотипические признаки и самок, и самцов, однако этот «гермафродитизм» не является функциональным. При анализе таких особей из естественных популяций было обнаружено 7 фенотипов данного явления, доля интерсекс-особей составляла 1,5 % [11].



Рис. 2 – Расположение гонопоров в основании третьих переоподов у самок (А) и в основании пятых переоподов у самцов (Б) австралийского красноклешневого рака (фотография авторов)
Fig. 2 – Location of gonopores at the base of the third pereiopods in females (A) and at the base of the fifth pereiopods in males (B) Australian red claw crayfish (photo by the authors)

На протяжении жизни раки многократно линяют, во время чего особи становятся особенно уязвимы [12]. Периодическое сбрасывание и реконструкция твердого кальцинированного экзоскелета позволяет ракообразным осуществлять рост и развитие. У австралийского красноклешневого рака отсутствует планктонная личиночная стадия. Половой зрелости особи достигают в возрасте 7–9 месяцев. Самки способны нереститься до 5 раз в год, при этом плодовитость может достигать 1000 икринок [8]. Вынашивание икры самками осуществляется на плеоподах под абдоменом (рисунок 3).



Рис. 3 – Самка австралийского красноклешневого рака австралийского красноклешневого рака с икрой (фотография авторов)

Fig. 3 – Female Australian red claw crayfish Australian red claw crayfish with eggs (photo by the authors)

Требования к окружающей среде при содержании красноклешневого рака

Лимитирующими факторами, оказывающими значительное влияние на рост и размножение австралийского красноклешневого рака в прудовых условиях, является температура воды, концентрация растворенного в воде кислорода и уровень pH. Подбор оптимальной температуры является важным вопросом при разработке биотехнологии его выращивания, поскольку эффективность аквакультуры этого объекта, как и других пойкилотермных животных, находится в сильной зависимости от температуры окружающей среды: изменяется скорость метаболизма, потребность в питательных веществах, темп роста и выживаемость. Зона термотолерантности вида включает значения 16–32 °C [13].

Модельные эксперименты с условиями, имитирующими гидрологическую зиму (температура воды 2–3 °C) в течение 90 дней, показали, что выживаемость австралийского красноклешневого рака значительно снижается при понижении температуры ниже 10 °C, но тем не менее полной гибели тестируемых объектов не зафиксировано [14]. По другим данным, при температуре ниже 14 °C австралийский красноклешневый рак гибнет через четыре недели, а термический оптимум составляет 24–30 °C [15]. Марк Меаде с соавторами экспериментально установили, что максимальные темпы роста молоди австралийского красноклешневого рака наблюдаются при температуре воды 28 °C, а наибольшие значения выживаемости регистрируются при 24–30 °C [16].

Тропическое происхождение вида значительно затрудняет масштабирование его выращивания в условиях аквакультуры в странах бореального климата. В провинциях Китая, где ведется активное выращивание австралийского рака в прудах, в зимний период температура воды опускается до 8 °C [15], что делает невозможным круглогодичное содержание этого вида в открытых водоемах. Поиск способов повышения толерантности к низкой температуре позволил бы увеличить спектр технологий выращивания, транспортировки и передержки австралийского красноклешневого рака.

В рамках исследований по cold-акклиматизации австралийского рака было установлено, что при постепенном снижении температуры воды (1 °C/ч) выживаемость при 9 °C составила 62,50 ± 0,5 %, при этом поведенческие реакции были угнетены (раки не питались и не проявляли двигательной активности). Кроме того, со снижением температуры воды снижалось и количество гемоцитов и концентрация гемоцианина, что делает объекты чувствительными к патогенным инфекционным агентам. В условиях разных температур экспрессия гена HSP21 сначала увеличивалась (при 20 и 15 °C), что демонстрирует индукцию накопления HSP21 как криопротектора. Однако при критически низкой температуре (9 °C) экспрессия HSP21 снизилась и вернулась к контрольному значению (при температуре 25 °C), возможно, в связи с тем, что 9 °C выходит за пределы термотолерантности вида [15].

При выращивании ракообразных особое внимание необходимо уделять значению водородного показателя (pH), так как низкий уровень приводит к истончению покровов и затруднению линьки [17]. По материалам, представленным в работе Майкла Массера и Дэвида Рауза, при выращивании красноклешневого рака pH необходимо поддерживать

на уровне 6,5–9,0 усл. ед. [18]. По мнению Клайва Джонса, подходящий диапазон pH для красноклешневых раков находится в пределах 6,5–8,0 [19]. Существенное влияние этого показателя фиксируется и во время нереста. При модельных опытах по оценке влияния различных уровней pH (6,8, 7,7, 8,4, 8,9 и 9,4) на успешность инкубации яиц во время нереста было установлено, что отсутствует статистически значимая разница в скорости вылупления ($p > 0,05$) при различных вариациях опыта. Однако установлены различия в выживаемости между экспериментальными группами: при pH 7,7 и 8,4 выживаемость была значительно выше, чем у трех других групп (более 50 %, $p < 0,05$) [20].

Некоторые металлы могут оказывать неблагоприятное воздействие на организм ракообразных. Важно следить за концентрацией меди (Cu) в воде. Этот химический элемент крайне токсичен для раков. У пресноводных ракообразных медь ингибирует ферменты, связанные с ионной и осморегуляцией, а также с выделением аммиака [21]. Для пресноводных раков, в том числе и для австралийского красноклешневого рака, пределы толерантности в отношении меди не установлены, в связи с чем рекомендуется не допускать присутствия ионов меди в воде и осуществлять систематический контроль за качеством воды в отношении этого элемента.

Другие гидрохимические показатели (концентрация аммония, нитратов, нитритов и др.) также оказывают существенное влияние на эффективность аквакультуры австралийского красноклешневого рака. В таблице 1 представлены основные гидрохимические показатели и их оптимальные значения при выращивании австралийского красноклешневого рака.

Особенности прудового выращивания

Масса посадочного материала перед выпуском в пруды

Считается, что экономически наиболее эффективно выращивать красноклешневых раков по комбинированной технологии: получение молоди и содержание маточного стада осуществлять в контролируемых индустриальных (бассейновых) условиях, а товарное выращивание – в земляных прудах [24].

При выпуске молоди в пруды следует уделять внимание формированию единой размерной группы в каждом водоеме, поскольку увеличение вариабельности этого признака способствует повышению риска проявления каннибализма. Значение начальной массы молоди раков зависит от желаемой итоговой массы товарных особей. Чаще всего используются особи, достигшие средней массы 3–4 г, однако получение товарной продукции возможно и при массе молоди ≈0,2 г на этапе выпуска (таблица 2). В климатических условиях юга России для получения товарной продукции красноклешневых раков с массой не менее 40 г рекомендуется осуществлять выпуск молоди с массой тела не менее 0,5–1 г [17].

Таблица 1 – Оптимальные значения гидрохимических показателей при выращивании австралийского красноклешневого рака
Table 1 – Optimum values of hydrochemical parameters during cultivation of Australian red claw crayfish

Показатель	Оптимальное значение, ед. изм.	Источник
Температура воды (t)	25–30 °C	[22]
Растворенный кислород (O_2)	≥5 мг/л	[17, 18]
Общий аммиак (NH_3)	<0,5 мг/л	[1]
Нитриты (NO_2–)	<0,3 мг/л	
pH	6,5–9,0 усл. ед.	
Щелочность	20–300 мг/л	
Общая жесткость	20–300 мг/л	
Хлориды	>50 мг/л	[18]
Железо общее	<0,1 мг/л	[17]
Медь	Не допускается	[23]

Плотность посадки

Подбор оптимальной плотности посадки молоди в пруды является ключевым звеном эффективности биотехнологического процесса выращивания ракообразных. Мировой опыт демонстрирует значительную вариабельность этого показателя при выращивании красноклешневых раков. Предлагаются плотности посадки от 1 до 15 экз/м^2, при этом в опытах с высокой плотностью посадки (15 экз/м^2) выживаемость раков была на 8,73 и 6,31 % выше, чем при 3 и 9 экз/м^2 соответственно [24; 25]. Марсело Саламе и Дэвид Роуз проводили выращивание красноклешневого рака в 14 прудах (по 0,3 га каждый) в Эквадоре при плотности посадки 4 экз/м^2 и начальной массе молоди 1–2 г. Кормление в первые два месяца эксперимента осуществлялось гранулированными кормами в количестве 3 % от предполагаемой биомассы. Вносимые корма характеризовались 35 % содержанием белка.

Таблица 2 – Результаты выращивания австралийского красноклешневого рака в условиях земляных прудов

Table 2 – Results of growing Australian red claw crayfish in earthen ponds

Период выращивания, продолжительность, сутки	Площадь пруда, га	Плотность посадки, экз/м^2	Начальная конечная масса, г	Кормление	Выживаемость, %	Продуктивность, т/га	Источник
140	0,2	3	4,63±0,17 45,15±1,45	Коммерческий корм Athmaize™, 17 % белка, 4 % жира, суточная норма кормления 5 %	76,6±3,34	1,04±0,06	[24]
		9	4,68±0,12 31,44±0,60		78,63±6,79	2,22±0,19	
		15	4,81±0,16 28,19±0,51		83,93±1,33	3,47±0,17	
		3	16,61±0,38 60,55±1,75	Коммерческий корм Athmaize™, 17 % белка, 4 % жира, суточная норма кормления 3,5 %	87,53±3,61	1,59±0,11	
		9	17,06±0,42 46,28±0,78		83,15±2,56	3,46±0,08	
		15	17,01±0,38 43,89±0,56		83,90±2,61	5,52±0,16	
90	0,3	4	1–2 30±2,2	Гранулированные корма для креветок, суточная норма кормления 3 %	49,5±6,4	0,594±0,05	[26]
		4	1–2 34±1,1	Гранулированные корма для креветок, суточная норма кормления 3 %; сено раз в месяц 100 кг/га	65,4±2,7	0,889±0,043	
158	0,02	1	3,2 67±0,1	Первые 3 месяца: кукурузный силос по 250 кг/га 2 раза в месяц; со 2-го месяца добавлен коммерческий корм (25 % белка), суточная норма кормления 2–5 %	71±0,6	0,475±0,02	[25]
		3	3,2 48±0,1		71±0,6	1,020±0,02	
		5	3,2 38±0,1		75±0,6	1,422±0,02	
70	0,02	1,2	8,1±3,5 64,65±13,35	Коммерческий корм для морских креветок Rangen Inc., Buhl, Idaho (35 % белка), суточная норма кормления 4 %	32,7±21,7	0,289±0,22	[28]
		1,8	8,1±3,5 56,96±1,08		47,8±1,8	0,488±0,03	
		2,4	8,1±3,5 53,47±0,63		47,5±6,6	0,607±0,09	
117	0,02	2,5	4,6±2,2 79,83±5,02	Экспериментальная рецептура корма, 22 % белка, суточная норма кормления 4–10 %	61,1±3,8	0,920±0,11	[29]
		2,5	4,6±2,2 75,77±5,57	Экспериментальная рецептура корма, 32 % белка, суточная норма кормления 4–10 %	58,2±3,2	0,904±0,02	
		2,5	4,6±2,2 70,47±1,46	Экспериментальная рецептура корма, 42 % белка, суточная норма кормления 4–10 %	46,1±3,1	0,640±0,05	
97	0,8	0,075	90,3±1,9 157,4±4,4	Естественная кормовая база (без внесения искусственных кормов)	–	0,019	[30]
	1,6	0,67	0,4±0,016 40,0±10,396		–	0,214	
89	0,1	0,2	1,76 ± 1,22 71,14±25,66	Естественная кормовая база (без внесения искусственных кормов)	78,7	0,115	[31]
89		0,15	7,83± 3,25 72,35±22,60		82,7	0,078	
99		1	0,18±0,10 36,51±11,03		84,7	0,308	
78		1,5	0,17±0,10 17,27±9,23		56,5	0,145	
62		5	5,1±3,14 32,51±14,41		68,4	0,085	

С третьего месяца вносилась смесь кормов с количеством белка 28 и 35 %. Кроме искусственных кормов, в последний месяц выращивания в семь прудов добавляли смесь пастбищных трав (*Cynodon plectostachyum* и *Eriochloa polystachya*), содержащих 4–8 % белка и 87 % клетчатки. При таком способе выращивания продуктивность составляла 594±55,1 кг/га при массе особей 30 г и выживаемость практически 50 % [26]. По мнению других авторов, продуктивность земляных прудов может составить 1020 и 1422 кг/га при применении начальной плотности посадки 3 и 5 экз/м^2 соответственно [25].

В отечественном опыте выращивания практикуются сниженные плотности посадки, что, вероятно, объясняется недостаточным количеством посадочного материала [17]. При более низкой плотности темпы роста красноклешневого рака выше, но ракопродуктивность значительно снижается из-за неэффективного использования прудовых площадей [27].

В регионах с коротким вегетационным периодом (<110 дней) можно добиться эффективного выращивания красноклешневого рака в прудах при выпуске крупноразмерной молоди (≈8 г). Исследованиями Карла Вебстера показано, что при средней индивидуальной массе выпускаемой молоди 8,1 г за 70 дней выращивания можно получить товарных особей со средней массой 58,4 г при удельной скорости роста 3,04 %/день, а урожайность составит 461 кг/га. Кроме того, была проанализирована эффективность выращивания при разных плотностях посадки (1,2; 1,8; 2,4 экз/м^2). Показано отсутствие достоверных различий ($P > 0,05$) в итоговых значениях выживаемости, коэффициенте конверсии корма, экономической эффективности и др. [28].

Питание

В прудах питание раков может обеспечиваться несколькими способами: формированием естественной кормовой базы, внесением искусственных гранулированных комбикормов и комбинированным методом, включающим первые два. Судя по зарубежному опыту, наиболее эффективно использовать 2–5 % искусственного гранулированного корма от биомассы гидробионтов для дополнительного кормления раков при их выращивании в земляных прудах [25].

В таблице 2 обобщены результаты некоторых исследовательских работ, посвященных выращиванию австралийского красноклешневого рака в условиях земляных прудов.

Для повышения выживаемости и снижения каннибализма во время линьки при любом способе выращивания (прудовое, индустриальное) гидробионты должны быть обеспечены достаточным количеством укрытий, что повышает их выживаемость с 15 % (без укрытий) до 75 % [32]. В качестве укрытий могут быть использованы сетчатые материалы (мешки), затеняющая ткань, короткие отрезки труб [27].

В зарубежной литературе есть опыт выращивания австралийского рака на рисовых полях. Йиран Хоу с соавторами [33] провели эксперимент на 16 рисовых полях (8 опытных и 8 контрольных) с целью демонстрации влияния жизнедеятельности раков на бентосное бактериальное сообщество. Раков кормили один раз в день (в 17:00) коммерческими гранулированными кормами (Zhejiang Haida Feed Co., Ltd., Шаосин, Китай) (не менее 30 % сырого протеина, 3 % сырого жира, менее 8 % сырого волокна, менее 18 % сырой золы, более 1 % общего фосфора и от 1 до 3,5 % кальция) в количестве 2 % от его биомассы в водоеме. Установлено, что культивирование красноклешневых раков не оказало значительного воздействия на сообщества микроорганизмов рисовых полей, однако фиксировалось увеличение обилия бактерий типов *Acidobacteriota* и *Pseudomonadota*, участвующих в деградации органического вещества и круговороте азота, фосфора и углерода [33].

Сбор товарных особей

Отдельного внимания заслуживает технология сбора товарных особей из прудов перед последующей реализацией. Зарубежные фермеры при сборе раков из прудов на протяжении достаточно длительного времени используют метод потоковых ловушек. Рекомендуется постепенно в течение 24 ч спускать воду из пруда и одновременно с этим обеспечить подачу свежей воды слабым потоком. Подробно эта технология сбора товарной продукции описана в работе Майкла Массера и Дэвида Рауза [18]. Суть метода заключается в поведенческой реакции раков, начинающих двигаться противоположно притоку свежей воды. По ходу движения раки попадают в подготовленные емкости для сбора товарной продукции. Реакция гидробионтов на приток свежей воды сложилась в ходе эволюционного процесса, поскольку при осушении населяемого водоема это свидетельствует о наличии подходящего водоема выше по течению и объекты начинают движение вверх по притоку воды. Также распространенным способом сбора товарной продукции из прудов является использование раколовок. По мнению авторов, для наиболее эффективного сбора урожая целесообразно использовать комбинированный метод: на первом этапе сбора раков использовать раколовки, после чего применять потоковые ловушки.

Транспортировка

Транспортировка красноклешневого рака осуществляется без воды. Гибель красноклешневых раков в ходе экспериментов по апробации такой технологии наблюдалась через 24 ч. Судя по имеющимся сведениям, максимально допустимое время транспортировки раков без воды составляет 8–12 ч [34]. Для более длительной транспортировки рекомендуется помещать раков в условия с пониженной температурой окружающей среды, что приводит к замедлению метаболизма, снижению стресса и потребления кислорода. При такой транспортировке используют термоизолирующие контейнеры, содержащие упаковочный материал (например, древесная стружка) и изолированные охлаждающие элементы [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной лимитирующий фактор для рассматриваемого вида – температура воды – не является препятствием для прудового этапа выращивания в летний период. Проведенный комплексный анализ литературных источников позволил установить, что основной лимитирующий фактор для австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* – температура воды – не является препятствием для прудового этапа выращивания в летний период в условиях юга России.

Австралийский красноклешневый рак обладает высокими темпами роста. Кроме того, являясь гонохорическим видом, самцы демонстрируют ускоренные темпы роста по сравнению с самками. В климатических условиях юга России для получения товарной продукции со средней массой не менее 40 г рекомендуется выпускать в пруды молодь с массой тела не менее 0,5–1 г. Плотность посадки раков в пруды может достигать 15 экз/м^2 при начальной массе животных 4,81–17,01 г. Продуктивность земляных прудов при проведении интенсификационных мероприятий может достигать более 1400 кг/га. Для успешного выращивания и высокой выживаемости объектов следует обеспечивать раков достаточным количеством укрытий, в качестве которых возможно использовать сетчатые материалы (мешки), затеняющую ткань, короткие отрезки труб. При изъятии раков из прудов целесообразно использовать комбинированный метод сбора: раколовки и потоковые ловушки.

Вклад авторов

Д. В. Рудой: концептуализация, ресурсы, администрирование данных, администрирование, получение финансирования.

А. В. Ольшевская: программное обеспечение, ресурсы, руководство исследованием.

В. Н. Шевченко: методология, проведение исследования, создание черновика рукописи, создание рукописи и её редактирование, визуализация.

Л. С. Головко: верификация данных, проведение исследования, создание рукописи и её редактирование.

М. М. Оганисян: формальный анализ, проведение исследования, создание рукописи и её редактирование.

Contributions

D. V. Rudoy: conceptualisation, resources, data administration, administration, getting funding.

A. V. Olshevskaya: software, resources, study management.

V. N. Shevchenko: methodology, conducting the study, creating a draft manuscript, manuscript creation and editing, visualisation.

L. S. Golovko: data verification, conducting the study, manuscript creation and editing.

M. M. Oganisyan: formal analysis, conducting research, manuscript creation and editing.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haubrock P.J., Oficialdegui F.J., Zeng Y., Patoka J., Yeo D.C.J., Kouba A. The redclaw crayfish: A prominent aquaculture species with invasive potential in tropical and subtropical biodiversity hotspots. *Reviews in Aquaculture*. 2021;13(3):1488-1530. https://doi.org/10.1111/raq.12531

2. Szaniawska A., Szaniawska A. Function and importance of crustaceans. *Baltic crustaceans*. 2018:185-188.
3. FAO. Fishery and Aquaculture Statistics – Yearbook 2021. FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics. Rome. 2024. https://doi.org/10.4060/cc9523en
4. Zheng J., Cheng S., Jia Y., Gu Z., Li F., Chi M., Liu S., Jiang W. Molecular identification and expression profiles of four splice variants of Sex-lethal gene in *Cherax quadricarinatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 2019;234:26-33. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2019.05.002
5. Nie X. Huang C., Wei J., Wang Y., Hong K., Mu X., Liu C., Chu Z., Zhu X., Yu L. Effects of photoperiod on survival, growth, physiological, and biochemical indices of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) juveniles. *Animals*. 2024;14(3):411. https://doi.org/10.3390/ani14030411
6. Борисов Р.Р., Жигин А.В., Ковачева Н.П. Биологические аспекты культивирования австралийского красноклешнёвого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) в России. *Рыбное хозяйство*. 2024;(3):2-14. https://doi.org/10.36038/0131-6184-2024-3-80-92

   Borisov R.R., Zhigin A.V., Kovacheva N.P., Kryakhova N.V., Nikonova I.N. Biological aspects of cultivation of the Australian red-clawed crayfish Cherax quadricarinatus (von Martens, 1868) in Russia. *Fisheries*. 2024;(3):2-14. https://doi.org/10.36038/0131-6184-2024-3-80-92
7. Saoud I.P., Ghanawi J., Thompson K.R., Webster C.D. A review of the culture and diseases of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Journal of the World Aquaculture Society*. 2013;44(1):1-29. https://doi.org/10.1111/jwas.12011
8. Ghanawi J., Saoud I.P. Molting, reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Aquaculture*. 2012;358:183-195. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.06.019
9. Wei M., Wang A., Gu Z., Liu C., Li J., Liao X., Pan Z. Comparison of growth performance, carotenoid content, and temperature tolerance of two-colored strains of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Journal of Shellfish Research*. 2021;40(2):421-427. https://doi.org/10.2983/035.040.0214
10. Rodgers L.J., Saoud P.I., Rouse D.B. The effects of monosex culture and stocking density on survival, growth and yield of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in earthen ponds. *Aquaculture*. 2006;259(1-4):164-168. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.11.056
11. Nong C., Chen Y., Yang H., Chen N., Tian C., Li S., Chen H. Phenotypic sorting of individual male and female intersex *Cherax quadricarinatus* and analysis of molecular differences in the gonadal transcriptome. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*. 2024;49:101194. https://doi.org/10.1016/j.cbd.2024.101194
12. Shechter A., Tom M., Yudkovski Y., Weil S., Chang S.A., Chang E.S., Chalifa-Caspi V., Berman A., Sagi A. Search for hepatopancreatic ecdysteroid-responsive genes during the crayfish molt cycle: from a single gene to multigenicity. *Journal of Experimental Biology*. 2007;210(20):3525-3537. https://doi.org/10.1242/jeb.006791
13. García-Guerrero M., Hernández-Sandova P., Orduña-Rojas J., Cortés-Jacinto E. Effect of temperature on weight increase, survival, and thermal preference of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus. Hidrobiológica*. 2013;23(1):73-81.
14. Veselý L., Buřič M., Kouba A. Hardy exotics species in temperate zone: can «warm water» crayfish invaders establish regardless of low temperatures? *Scientific reports*. 2015;5(1):16340. https://doi.org/10.1038/srep16340
15. Wu D.L., Liu Z.Q., Huang Y.H., Lv W.W., Chen M.H., Li Y.M., Zhao Y.L. Effects of cold acclimation on the survival, feeding rate, and non-specific immune responses of the freshwater red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Aquaculture International*. 2018;26:557-567. https://doi.org/10.1007/s10499-018-0236-4
16. Meade M.E., Doeller J.E., Kraus D.W., Watts S.A. Effects of temperature and salinity on weight gain, oxygen consumption rate, and growth efficiency in juvenile red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2002;33(2):188-198. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00494.x
17. Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Жигин А.В., Никонова И.Н., Кряхова Н.В. *Аквакультура австралийского красноклешневого рака Cherax quadricarinatus (von Martens, 1868)*. М. : ВНИРО; 2024. 200 с.

Borisov R.R., Kovacheva N.P., Zhigin A.V., Nikonova I.N., Kryakhova N.V. *Aquaculture of Australian red-claw crayfish Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). M. : VNIRO; 2024. 200 p.

18. Masser M.P., Rouse D.B. Australian red claw crayfish. Stoneville, MS : Southern Regional Aquaculture Center; 1997. 1-8.
19. Jones C. *Redclaw crayfish. Rural Industries Research and Development Corporation*. 1998. 127-133.
20. Yongchun W., Shun C., Danli W., Meili C., Jianbo Z., Yongyi J., Li F., Liu S., Liu Yi., Zhimin G. The effect of ammonia nitrogen, nitrite and pH on artificial incubation of red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* eggs and growth of juveniles. *Aquaculture Research*. 2022;53(10):3788-3796. https://doi.org/10.1111/are.15885
21. Guerreiro Gomes E., da Silva Freitas L., Everton Maciel F., Basso Jorge M., de Martinez Gaspar Martins C. Combined effects of waterborne copper exposure and salinity on enzymes related to osmoregulation and ammonia excretion by blue crab *Callinectes sapidus*. *Ecotoxicology*. 2019;28:781-789. https://doi.org/10.1007/s10646-019-02073-7
22. Wu D., Liu Z., Yu P., Huang Y., Cai M., Zhang M., Zhao Y. Cold stress regulates lipid metabolism via AMPK signalling in *Cherax quadricarinatus*. *Journal of thermal biology*. 2020;92:102693. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102693
23. Лагуткина Л.Ю., Пономарев С.В. Новый объект тепловодной аквакультуры австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*). Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2008;6:220-223.
Lagutkina L.Yu., Ponomarev S.V. New object of warm-water aquaculture – Australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Oil and Gas Technologies and Environmental Safety*. 2008;6:220-223.
24. Jones C.M., Ruscoe I.M. Assessment of stocking size and density in the production of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda: Parastacidae), cultured under earthen pond conditions. *Aquaculture*. 2000;189(1-2):63-71. https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00359-8
25. Pinto G.F., Rouse D.B. Growth and survival of the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* at three densities in earthen ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*. 1996;27(2):187-193. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1996.tb00268.x
26. Salame M.J., Rouse D.B. Forage-based feeding in commercial red claw ponds in Ecuador. *Journal of Applied Aquaculture*. 2000;10(3):83-90. https://doi.org/10.1300/J028v10n03_07
27. Ruscoe I., Fisheries D. Redclaw crayfish aquaculture. *Fishnote*. 2002;32:1-6.
28. Webster C.D., Thompson K.R., Muzinic L.A., Yancey D.H., Dasgupta S., Xiong Y.L., Rouse D.B., Manomaitis L. A preliminary assessment of growth, survival, yield, and economic return of Australian red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, stocked at three densities in earthen ponds in a cool, temperate climate. *Journal of Applied Aquaculture*. 2004;15(3-4):37-50. https://doi.org/10.1300/J028v15n03_03
29. Thompson K.R., Muzinic L.A., Engler L.S., Morton S.R., Webster C.D. Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality. *Aquaculture Research*. 2004;35(7):659-668. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01063.x
30. Шокашева Д.И. Прудовое выращивание австралийского красноклешневого рака в условиях Астраханской области. *Вестник рыбохозяйственной науки*. 2017;4(4):14-18.
Shokasheva D.I. Pond cultivation of Australian red-claw crayfish in the conditions of the Astrakhan region. *Bulletin of fisheries science*. 2017;4(4):14-18.
31. Пятикопова О.В., Бедрицкая И.Н., Тангатарова Р.В., Бибигуль М.А. Биотехнические показатели товарного выращивания красноклешневого рака в прудовой аквакультуре в условиях юга России. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. 2023;4:72-82. https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-72-82
Pyatikopova O.V., Bedritskaya I.N., Tangatarova R.V., Bibigul M.A. Biotechnical indicators of commercial cultivation of red-claw crayfish in pond aquaculture in the conditions of the south of Russia. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries*. 2023;4:72-82. https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-72-82
32. Raharjo S.D., Saraswati E., Yuniartik M. Shelter Differences on Growth and Survival of Red Claw Crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Experimental Tanks. *Journal of Aquaculture & Fish Health*. 2024;13(3). https://doi.org/10.20473/jafh.v13i3.55759

33. Hou Y., Jia R., Sun W., Ding H., Li B., Zhu J. Red Claw Crayfish *Cherax quadricarinatus* Cultivation Influences the Dynamics and Assembly of Benthic Bacterial Communities in Paddy Fields. *Environments*. 2023;10(10):178. https://doi.org/10.3390/environments10100178
34. Lu Y.P., Zhang X.X., Zheng P.H., Zhang Z.L., Li J.T., Wang D.M., Xian J., Wang A., Wang L. Effects of air exposure on survival, histological structure, non-specific immunity and gene expression of red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). Aquaculture Reports. 2021;21:100898. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100898

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Рудой Дмитрий Владимирович –
доктор технических наук, доцент,
декан факультета «Агропромышленный»,
Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
https://orcid.org/0000-0002-1916-8570
SPIN-код: 3297-3460
rudoy.d@gs.donstu.ru

Ольшевская Анастасия Владимировна –
кандидат технических наук, заместитель декана
факультета «Агропромышленный»,
Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
https://orcid.org/0000-0001-8318-3938
SPIN-код: 8026-6860
olshevskaya.av@gs.donstu.ru

Шевченко Виктория Николаевна –
кандидат биологических наук, старший научный
сотрудник научно-исследовательской
лаборатории «Центр агробиотехнологии»,
Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
https://orcid.org/0000-0002-5001-4959
SPIN-код: 5860-1478
vikakhorosheltseva@gmail.com

Головко Лилия Сергеевна –
кандидат медицинских наук, старший научный
сотрудник научно-исследовательской
лаборатории «Центр агробиотехнологии»,
Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
https://orcid.org/0000-0001-8202-2294
SPIN-код: 6532-6105
liliya_s_golovko@mail.ru

Оганисян Марина Мушеговна –
магистр 2-го года обучения кафедры
«Технические средства аквакультуры»,
Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
https://orcid.org/0009-0009-0775-9515
SPIN-код: 9503-9741
marina.oganisyan04@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Dmitry V. Rudoy –
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Dean of the Faculty of «Agribusiness»,
Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia
https://orcid.org/0000-0002-1916-8570
SPIN-код: 3297-3460
rudoy.d@gs.donstu.ru

Anastasia V. Olshevskaya –
Candidate of Technical Sciences, Deputy Dean
of the Faculty of «Agribusiness»,
Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia
https://orcid.org/0000-0001-8318-3938
SPIN-код: 8026-6860
olshevskaya.av@gs.donstu.ru

Victoria N. Shevchenko –
Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher, Research Laboratory,
Center for Agrobiotechnology,
Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia
https://orcid.org/0000-0002-5001-4959
SPIN-код: 5860-1478
vikakhorosheltseva@gmail.com

Liliya S. Golovko –
Candidate of Medical Sciences,
Senior Researcher, Research Laboratory,
Center for Agrobiotechnology,
Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia
https://orcid.org/0000-0001-8202-2294
SPIN-код: 6532-6105
liliya_s_golovko@mail.ru

Marina M. Oganisyan –
Master of the 2nd year of study, Department
of Technical Means of Aquaculture,
Don State Technical University,
Rostov-on-Don, Russia
https://orcid.org/0009-0009-0775-9515
SPIN-код: 9503-9741
marina.oganisyan04@mail.ru

© Рудой Д.В., Ольшевская А.В., Шевченко В.Н., Головко Л.С., Оганисян М.М., 2025