

УДК 639.517



Б.М. Анкешева, Р.Р. Тангатарова, О.В. Пятикопова*
Волжско-Каспийский филиал ВНИРО (КаспНИРХ),
414056, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1

**ФОРМИРОВАНИЕ РЕМОТНО-МАТОЧНОГО СТАДА
АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА
(*CHERAX QUADRICARINATUS*)
В ИНДУСТРИАЛЬНОЙ АКВАКУЛЬТУРЕ**

Одним из перспективных видов аквакультуры является австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus*. Австралийский рак характеризуется высоким темпом роста и неприхотливостью к условиям выдерживания. В процессе культивирования красноклешневых раков в настоящее время используют установки с замкнутым циклом водоснабжения. Выполнено экспериментальное выращивание молоди австралийского красноклешневого рака в установке с замкнутым циклом водоснабжения для формирования ремонтно-маточного стада. Описаны основные этапы биотехники. В ходе эксперимента выявлены основные различия размерно-массовых показателей групп молоди австралийских раков, культивируемых в контролируемых условиях. Описаны необходимые условия при содержании объекта исследования в установке замкнутого водоснабжения и показатели контроля качества среды.

Ключевые слова: австралийский красноклешневый рак, молодь рака, выращивание, ремонтно-маточное стадо, производители, посадочный материал, установка с замкнутым циклом водоснабжения.

DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-948-959.

Ankesheva B.M., Tangatarova R.R., Pyatikopova O.V. Growing of replacement broodstock for australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in industrial aquaculture // Izv. TINRO. — 2021. — Vol. 201, Iss. 4. — P. 948–959.

Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* is a prospective species for aquaculture distinguished by high growth rate and good survival, in comparison with other cultivated crustaceans (shrimps, crabs). Results of experimental cultivation of this species under closed water supply with formation of the replacement broodstock are presented. The main stages of biotechnology are described. Size and weight properties of cultivated juveniles and indices of environmental quality are registered.

Key words: australian red-claw crayfish, juvenile crayfish, cultivation, replacement broodstock, producer, planting material, closed water supply cycle.

* Анкешева Бибигуль Махаббатовна, специалист, e-mail: kurkembraevab@mail.ru; Тангатарова Ралина Расимовна, специалист, e-mail: ralina.batalova@bk.ru; Пятикопова Ольга Викторовна, кандидат биологических наук, заведующая сектором, e-mail: piatikopova.olga@yandex.ru.

Ankesheva Bibigul M., specialist, Volga-Caspian branch of VNIRO (Kaspnirh), 1, Savushkin Str., Astrakhan, 414056, Russia, e-mail: kurkembraevab@mail.ru; Tangatarova Ralina R., specialist, 1, Savushkin Str., Astrakhan, 414056, Russia, e-mail: ralina.batalova@bk.ru; Pyatikopova Olga V., Ph.D., head of section, 1, Savushkin Str., Astrakhan, 414056, Russia, e-mail: piatikopova.olga@yandex.ru.

Введение

Cherax quadricarinatus — австралийский красноклешневый пресноводный рак из отряда десятиногих раков Decapoda, тропический теплолюбивый вид. Традиционным местообитанием считаются реки на северо-западе штата Квинсленд и северной территории Австралии, был обнаружен также в Папуа-Новой Гвинее. Работы по культивированию данного вида были начаты в 80-е г. прошлого века [Souty-Grosset et al., 2006].

Австралийский красноклешневый рак как объект выращивания завоевывает все большую популярность во многих странах [<http://www.fao.org/publications/sofa/2013/en>]. На территории России этот объект аквакультуры появился относительно недавно. Для его культивирования в России применяют системы установок замкнутого цикла водоснабжения (УЗВ), используемые для выдерживания производителей, получения и выращивания молоди.

В товарной аквакультуре данный вид беспозвоночных привлекателен высоким темпом роста за короткий промежуток времени (3–4 мес.). По сравнению с другими ракообразными *Cherax quadricarinatus* не требователен к высокому качеству воды. Однако для достижения максимальной эффективности культивирования необходимо контролировать и регулировать условия среды. Важнейший фактор жизнеобеспечения гидробионтов — температура [De Bock, López Greco, 2010]. Оптимальная температура воды для выращивания красноклешневого рака составляет 25–30 °С [Xiaoxuan et al., 1995; Meade et al., 2002]. Смертельными температурами для рака являются температуры ниже 10 и выше 36 °С [Lawrence, Jones, 2002].

В большинстве случаев для аквакультуры австралийского красноклешневого рака используются системы земляных прудов.

Помимо традиционного способа выращивания рака в монокультуре существуют также способы товарного выращивания в прудовой поликультуре.

Способ товарного выращивания тропических видов в прудовой поликультуре был предложен А.И. Хорошко и В.Н. Крючковым [Пат. 2709973]. Он предусматривает пространственное разделение тропических ракообразных и тропических рыб внутри одного пруда. Изобретение позволяет увеличить выпуск продукции с единицы площади рыбоводного пруда при экономии водных, энергетических и трудовых ресурсов.

Международная практика показывает, что австралийского красноклешневого рака можно выращивать в земляных прудах как в тропической, так и в умеренных зонах [Sagi et al., 1997]. Тропические раки могут довольно хорошо переносить зимние температуры окружающей среды в открытых земляных прудах в умеренных зонах, если температура воды не опускается ниже 10 °С. Это имеет существенное значение для рентабельности выращивания этого тропического вида в Израиле и в других странах с мягкими зимами.

Биотехника выращивания длиннопалых раков, включающая, в частности, информацию о получении жизнестойкой молоди в контролируемых условиях и вселении ее в водоемы на нагул, наиболее полно описана в работе Е.В. Колмыкова [2004].

Отечественный опыт исследований данного вида раков основан на уточнении контролируемых условий выращивания [Арыстангалиева, 2017; Шокашева, 2018], опытным выращивании прудовым методом [Лагуткина и др., 2016] и обобщении материалов по биологии и основам культивирования [Борисов и др., 2013].

Таким образом, основные работы, раскрывающие особенности и специфику выращивания раков этого вида, посвящены преимущественно уточнению адаптационных возможностей раков к условиям выращивания в различных природно-климатических зонах и при этом носят отрывочный характер.

Следовательно, определение биотехнических нормативов формирования ремонтно-маточного стада данного объекта в промышленных условиях выращивания, с учетом отечественного и международного опыта, требует дополнительных научно-исследовательских работ.

Цель исследования — отработка биотехники формирования ремонтно-маточных групп австралийского красноклешневого рака в системе с установкой замкнутого цикла водоснабжения.

Материалы и методы

Экспериментальные работы проводились на научно-экспериментальном комплексе аквакультуры (НЭКА) «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ВНИРО (КаспНИРХ). Для содержания молоди раков использовалась система с установкой замкнутого водоснабжения с техническими характеристиками, представленными в табл. 1.

Таблица 1
Технические характеристики установки замкнутого водоснабжения

Technical characteristics of a closed water supply system

Table 1

Наименование	Кол-во, шт.	Технические характеристики	Примечание
Бассейн	6	Материал ПП, 2x0,75x0,25	Площадь 1 лотка — 1,5 м ²
Блок биологической очистки	1	Материал ПП, 2x0,75x0,35	С системой биофильтрации
Насос	1	До 40 л/мин	Циркуляционный
Лампа УФ	1	—	Для обработки воды
Полупогружной биологический фильтр, м ³	0,03	Плавающий	Для биофильтра
Погружной биологический фильтр, м ³	0,015	Тонущий	Для биофильтра
Терморегулятор	1	500 Вт	—
Система аэрации	1	—	Аэратор в накопительном блоке воды УЗВ
Общий объем воды, м ³	3	—	—
Замена воды в сутки	10 %	—	В системе

Примечание. ПП — полипропилен.

Перед началом работ по выращиванию молоди рака были проведены подготовительные работы по запуску системы замкнутого водоснабжения: осуществляли проведение стартового периода биологической очистки, контроль за гидрохимическими показателями. Были подготовлены укрытия для раков.

При стартовом запуске биофильтра было произведено заселение колониями бактерий, при помощи которых будут осуществляться процессы нитрификации и минерализации, для этого использовали жидкость Tetra Filter Active.

Разноразмерная молодь в качестве посадочного материала привезена из раководческих хозяйств Астраханской области.

Молодь раков была разделена на 2 группы, различающиеся по массе, — 0,6 и 6,0 г.

В ходе исследования 2 раза в неделю проводили контроль за основными гидрохимическими показателями: температурой воды [РД 52.24.496-2018], содержанием в воде кислорода [РД 52.24.419-2005], активной реакцией среды pH [ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97], содержанием в воде аммонийного азота [ПНД Ф 14.1:2:3.1-95], нитритов [РД 52.24.381-2017], нитратов [РД 52.24.380-2017], а также освещенностью и водообменом.

Для снижения хендлинг-стресса эксперимент был разделен на два этапа, контроль биологических показателей объекта исследований проводился в начале и в конце I и II этапов. Для контрольного взвешивания и измерения осуществляли случайную выборку в количестве 30 особей с каждого лотка. По результатам промежуточных данных был определен абсолютный прирост, относительный прирост, среднесуточный прирост [Купинский, 1986, 2019]. Основу рациона питания австралийского красноклешневого рака составляют сбалансированные по качественному составу корма (протеин, жиры, клетчатка, незаменимые жирные кислоты), а также различные компоненты (минераль-

ные добавки, аттрактанты, пигменты, витамины и аминокислоты). Для ежедневного кормления раков, учитывая их пищевые потребности, использовали сухой корм для молоди осетровых Aller Aqua. Дополнительно два раза в неделю к основному корму добавляли живые корма (науплии артемии, листья дуба).

На основе полученных данных по результатам зарубежного и отечественного опыта выращивания красноклешневого рака была сформирована схема экспериментальных работ по формированию его ремонтно-маточного стада (табл. 2).

Таблица 2
Схема по формированию ремонтно-маточного стада красноклешневого рака

Table 2
Scheme for formation of replacement broodstock for red-claw crayfish

Последовательность работ	Наименование работ
1	Культивирование неполовозрелых особей
2	Массовый отбор
3	Культивирование групп: мелкие, средние, крупные
4	Корректирующий отбор
5	Культивирование групп: затянутые мелкие, средние, крупные (определение пола)
6	Определение выживаемости
7	Производители

Результаты и их обсуждение

Условия выращивания. В период формирования бактериальных сообществ биофильтра диапазон колебаний контролируемых показателей составлял: нитриты — от 0,50 до 0,80 мг/л, нитраты — от 20,0 до 51,0 мг/л, аммонийный азот — от 0,12 до 0,25 мг/л. Температура воды в УЗВ в данный период повысилась с 19,5 до 22,0 °С, значение кислорода составляло 9,0 мг/л, отмечен высокий показатель активной реакции среды — 8,5–8,7 ед. Продолжительность формирования биопленки биофильтра составила 21 день. Окончание формирования биоценоза биофильтра было определено по контролируемым показателям, достигшим технологических норм (табл. 3).

Таблица 3
Технологическая норма и кратковременно допустимые значения циркулирующей воды УЗВ в процессе исследований [Брайнбалле, 2010; Жигин, 2011], мг/л

Table 3
Technological norm and short-term permissible parameters for circulating water in the experiment [from: Brajnballe, 2010; Zhigin, 2011], mg/L

Показатель	Технологическая норма	Кратковременно допустимые значения
pH	6,8–7,2	6,8–8,5
NO ₂ ⁻	До 0,1–0,2	До 1,0
NO ₃ ⁻	До 60,0	100
*NH ₄ ⁺	0–2,5	–
O ₂	5,0	4,0

* По Брайнбалле [2010].

В период выращивания молоди раков в УЗВ диапазон колебаний контролируемых показателей находился в пределах технологической нормы и составлял: нитриты — от 0,06 до 0,30 мг/л, нитраты — от 0,50 до 6,70 мг/л, аммонийный азот — от 0,02 до 0,19 мг/л, температура воды — от 23 до 27 °С, концентрация растворенного кислорода — от 5,70 до 9,00 мг/л. Отмечен высокий показатель активной реакции среды — 7,8–8,3, поскольку в пробах воды из водоисточника (рукав реки Волга — Бахтемир) данный показатель достигал значения 8,5.

Перед заселением молоди раков в установку замкнутого водоснабжения были проведены профилактическая обработка гидробионтов 3 %-ным раствором поваренной соли с экспозицией 5 мин и адаптация их к новым условиям обитания: выравнивание температурного режима при помощи погружения рыбоводных пакетов в лоток установки, добавление воды из установки в рыбоводный пакет с молодь (см. рисунок).



Подготовка молоди красноклещевого рака для выращивания в установке замкнутого водоснабжения: А — установка замкнутого водоснабжения с выровненным гидрохимическим режимом; Б — молодь раков в транспортировочной таре; В, Д — профилактическая обработка раков; Г — адаптация молоди раков к температурному режиму; Е — запуск молоди раков в УЗВ

Preparation of young red-claw crayfish for cultivation under closed water supply: А — installation of closed water supply with leveled chemical parameters; Б — young crayfish in container for transportation; В, Д — preventive treatment of crayfish; Г — adaptation of young crayfish for temperature regime; Е — launch of young crayfish into the installation

I этап выращивания (90 сут). Молодь раков была разделена на 2 группы, различающиеся по массе — 0,6 и 6,0 г. Изучение морфо-биологических показателей основывалось на сравнении исходных, промежуточных данных и результатов за период подращивания молоди в системе УЗВ. Результаты экспериментального подращивания молоди красноклещевого рака в системе УЗВ с целью формирования ремонтно-маточного стада представлены в табл. 4.

Сравнение биологических показателей в период развития и роста подращиваемой молоди австралийского рака показало закономерное повышение всех изучаемых параметров. Наиболее высокие показатели относительного прироста по массе и длине отмечены у II группы молоди раков.

За весь период исследования выживаемость молоди австралийского красноклещевого рака I и II групп составила соответственно 53,94 и 55,04 %. Главной причиной снижения выживаемости ракообразных является их агрессивное поведение и повышенный уровень каннибализма, поскольку на ранних этапах развития частота линек выше. При организации индустриального подращивания ранней молоди австралийского рака плановый отход в первые 2–3 мес. может составлять до 50 % от изначально посаженного количества молоди [Шокашева, 2018].

На начальном этапе эксперимента у II группы молоди визуально различить самок и самцов не представлялось возможным по причине их незначительных размеров. Половые различия стали хорошо видны у I группы молоди при массе особей 7 г и более. Так, к концу (август) промежуточного этапа подращивания молоди особенно хорошо заметны половые признаки у самцов — красное мягкое пигментированное пятно на неподвижном пальце клешни (проподит). Их доля составила 12 % от общего количества выжившей молоди I группы.

Таблица 4
Основные показатели молоди австралийского красноклешневого рака в системе УЗВ
за период подращивания июнь-август (90 сут)

Table 4
Dynamics of the main properties of young crayfish in the 90-day growing (June-August)

Показатель		Группа молоди рака	
		I	II
Средняя масса, г	Начальная	6,35 ± 0,78	0,60 ± 0,02
	Конечная	14,13 ± 1,50	3,18 ± 0,78
Абсолютный прирост, г		7,78	2,58
Относительный прирост, %		122,5	430,0
Среднесуточный прирост, г		0,097	0,030
Средняя длина, см	Начальная	4,60 ± 0,56	1,35 ± 0,39
	Конечная	8,14 ± 0,67	5,82 ± 0,61
Прирост, см		3,54	4,47
Относительный прирост, %		76,9	331,1
Среднесуточный прирост, см		0,044	0,056
Кол-во, шт.	Начальное	228	972
	Конечное	123	535
Плотность посадки, шт./м ²		76	67
Выживаемость, %		53,94	55,04

Таким образом, подращивание молоди австралийского рака в системе установки замкнутого водоснабжения проходило при оптимальных условиях, гидрохимические показатели воды соответствовали технологическим нормам, выживаемость молоди на данном этапе соответствовала литературным данным [Жигин, 2011; Борисов и др., 2013].

II этап выращивания (90 сут). Дальнейшие исследования были направлены на формирование ремонтно-маточного стада при индустриальном подращивании молоди австралийского красноклешневого рака из особей, не достигших половой зрелости и имеющих половые признаки. Основными параметрами II этапа выращивания являлись размерно-массовые показатели, половые признаки, выживаемость от начала формирования неполовозрелых особей до достижения стадии производителя, условия содержания (в том числе гидрохимические и температурные условия).

В начале II этапа выращивания раков в УЗВ I группа (ср. массой 14,1 г) по результатам сортировки была разделена по половым признакам (положение половых отверстий) для введения в ремонтно-маточное стадо. Отмечено увеличение доли самцов с 12 до 55 % относительно предыдущего этапа выращивания, доля самок составила 45 %.

По результатам массового отбора (по совокупности морфометрических характеристик) II группа молоди раков (ср. массой 3,18 г) была разделена на мелкие — 44 %, средние — 42 и крупные — 14 %. Присутствие явных отличительных половых признаков по положению половых отверстий самцов и самок и красного мягкого пигментированного пятна на неподвижном пальце клешни самцов в данной группе молоди раков не наблюдалось.

Основные биотехнические показатели по результатам сортировки молоди австралийского красноклешневого рака в системе УЗВ I и II групп представлены в табл. 5.

В ходе проведенной через 60 сут выбраковки особей во II группе было выявлено 17 % особей, существенно отстающих в росте и развитии «затянутые». В группе «крупные» у 12 % раков отмечено появление вторичных половых признаков. Раки I группы были разделены на 2 группы (Ia и Ib) по размерно-весовым показателям и рассажены в разные лотки с соотношением полов 1 : 1 (табл. 6).

За весь период II этапа выращивания выживаемость молоди австралийского красноклешневого рака I и II групп составила соответственно 72,3 и 81,8 %.

Таблица 5

Основные биотехнические показатели австралийского красноклешневого рака I и II групп в начале второго этапа выращивания в установке замкнутого водоснабжения

Table 5

Main properties of australian crayfish at the beginning of the second stage of cultivation under closed water supply, for groups I and II

Группа	Характеристика	Средняя масса, г	Средняя длина, см	Доля, %	Кол-во, экз.	Плотность посадки, экз./м ²
I	Самцы	18,70 ± 1,12	11,90 ± 0,26	55	46	13,8
	Самки	16,60 ± 1,10	11,40 ± 0,27	45	37	
II	Мелкие	2,00 ± 0,11	5,20 ± 0,13	44	196	54,8
	Средние	4,60 ± 0,25	7,30 ± 0,15	42	187	52,6
	Крупные	8,90 ± 0,45	9,30 ± 0,19	14	62	54,0

Таблица 6

Основные биотехнические показатели австралийского красноклешневого рака I и II групп в конце второго этапа выращивания в установке замкнутого водоснабжения

Table 6

Main properties of australian crayfish at the end of the second stage of cultivation under closed water supply, for groups I and II

Группа	Характеристика	Средняя масса, г	Средняя длина, см	Кол-во, экз.	Плотность посадки, экз./м ²	
Ia	Самцы	39,42 ± 2,87	16,25 ± 0,36	12	16,0	
	Самки	25,75 ± 2,08	14,22 ± 0,46	12		
Iб	Самцы	21,61 ± 1,14	13,18 ± 0,32	18	24,0	
	Самки	18,06 ± 1,01	11,85 ± 0,26	18		
II	Затянутые	3,11 ± 0,27	6,68 ± 0,22	62	41,33	
	Мелкие	5,41 ± 0,34	7,53 ± 0,22	102	33,33	
	Средние	7,62 ± 0,64	7,77 ± 0,26	98	33,0	
	Крупные	10,16 ± 0,57	10,23 ± 0,23	58	39,33	
	Крупные	Самцы	16,45 ± 0,76	12,00 ± 0,25	22	29,33
		Самки	14,16 ± 0,58	11,30 ± 0,17	22	

При формировании оптимальных условий культивирования молоди и выращивания ремонтно-маточного стада раков, а также контроля за основными гидрологическими и гидрохимическими показателями использовали наработки ряда авторов [Колмыков, 2004; Жигин и др., 2017]. В течение всего периода подращивания молоди и формирования ремонтно-маточного стада австралийского красноклешневого рака в УЗВ значения гидрохимических показателей воды соответствовали установленным требованиям.

Следует также отметить, что одним из факторов, оказывающих большое влияние на благоприятное содержание раков, является плотность посадки. Оптимальные плотности посадки зависят от размера и возраста культивируемых особей. Большинство авторов отмечает, что биологические особенности *Cherax quadricarinatus* не позволяют выращивать его в высокоинтенсивных культурах. Плотность посадки производителей в бассейнах составляет от 6 до 25 особей на квадратный метр [Saoud et al., 2013], молоди (массой 5–10 г) при выращивании в прудах — 5–15 особей на квадратный метр. По данным В.А. Арыстангалиевой [2017] плотность посадки австралийского красноклешневого рака в аквариумах составляет 80 шт./м², выживаемость — 75 %. В исследованиях по выращиванию молоди раков в аквариумах, проводимых Д.И. Шокашевой [2018], плотность посадки была равна 50 шт./м², выживаемость в экспериментальных группах — 52, 50 и 64 %. Поскольку проводимые нами исследования были направлены на формирование ремонтно-маточного стада в промышленных условиях, а также для сведения к минимуму эффекта каннибализма, плотность посадки раков в УЗВ была меньше, в связи с этим данные отличались от данных литературных источников.

По результатам формирования ремонтно-маточного стада, которое проводилось от разновозрастной молодежи 0,6 и 6,0 г, составлена схема технологических этапов, представленная в табл. 7.

Таблица 7

Технологическая схема формирования ремонтно-маточного стада от разновозрастной молодежи австралийского красноклешневого рака в установке замкнутого водоснабжения

Table 7

Technological scheme for growing of replacement broodstock from a multi-sized juveniles of australian red-claw crayfish under closed water supply

№ этапа	Название этапа	Продолжительность этапа, сут	Средняя масса особи, г	Плотность посадки, шт./м ²	Средняя выживаемость, %	
1	Подращивание разновозрастной молодежи (начальная/конечная)	90 ± 10	0,6/3,2 6,0/14,1	67 76	55	
2	Сортировка по половым признакам и размерно-весовым показателям	-	Самцы/самки	18,7/16,6	13,8	-
			Мелкие	2,0	54,8	
			Средние	4,6	52,6	
			Крупные	8,9	54,0	
3	Содержание разновозрастных групп раков	90 ± 10	По результатам сортировки		-	
4	Сортировка по половым признакам и размерно-весовым показателям	-	Самцы/самки	39,4/25,8	16	70–80
			Самцы/самки	21,6/18,1	24	
			Самцы/самки	16,5/14,2	12	
			Затянутые	3,1	17	
			Мелкие	5,4	28	
			Средние	7,6	27	
			Крупные	10,2	16	

Формирование ремонтно-маточного стада австралийского красноклешневого рака — самый продолжительный этап при культивировании вида. При проведении экспериментальных работ было установлено, что на этих этапах достаточно провести 2 сортировки, что в дальнейшем позволит снизить хендлинг-стресс и повысить выживаемость. Сортировка проводилась по размерно-весовым показателям с определением пола по половым признакам (расположению у самцов придатков на коксоподитах пятой пары переопод и половым отверстиям у самок на коксоподитах третьей пары переопод). Суммарная выживаемость от посадочной личинки рака до достижения половой зрелости составила 40 %.

Каждая группа после сортировок содержалась в отдельной емкости в УЗВ при оптимальных гидрохимических параметрах, представленных в табл. 3.

Заключение

По результатам экспериментального выращивания двух групп разновозрастной молодежи австралийского красноклешневого рака в УЗВ было определено, что формирование ремонтно-маточного стада целесообразнее осуществлять от молодежи раков, достигших 5 г и более (I группа), поскольку данная группа за первые 3 мес. выращивания при корректирующем отборе полностью разделилась по половому признаку, а за следующие 3 мес. при индивидуальном отборе проведено уточнение половой принадлежности и деление на 2 размерно-весовые группы.

При выращивании молодежи с начальной массой менее 1 г (II группа) не все особи достигли половой зрелости к концу периода. При этом были определены некоторые аспекты при выращивании молодежи раков от такой начальной массы. При выращивании

до среднего значения массы 3 г данная группа молоди раков не имела значительных размерно-весовых различий. При массовом отборе в начале II этапа молодь была разделена на три размерно-весовые группы, а при корректирующем отборе — на четыре группы, и выделена группа со сформировавшимися половыми признаками.

За период выращивания 2 размерно-весовых групп молоди раков было установлено, что четкое разделение по половым признакам наступает при достижении массы 14 г и более.

По результатам работ по формированию ремонтно-маточного стада австралийского красноклешневого рака, которое проводилось от разноразмерной молоди 0,6 и 6,0 г, была составлена схема технологических этапов, которая может быть использована в производстве товарной продукции при культивировании рака для получения потомства. Дальнейшие исследования будут направлены на сбор материала к технологической схеме и биотехническим показателям по получению и подращиванию молоди рака до массы 5 г в индустриальных условиях.

Благодарности

Авторы выражают благодарность ведущему специалисту, к.б.н. И.Н. Бедрицкой за консультацию и помощь при проведении научно-исследовательских работ, главному специалисту Г.Ш. Сакетовой за осуществление контроля за гидрохимическими показателями воды, главному инженеру С.В. Иванову, отвечающему за техническое обеспечение установок замкнутого цикла водоснабжения, а также свою признательность рецензентам за конструктивную оценку, полезные предложения и ценные замечания по улучшению рукописи.

Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Соблюдение этических стандартов

Все применимые международные, национальные и институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Информация о вкладе авторов

Все авторы участвовали в организации и проведении исследования, подборе и анализе литературных данных, обработке материала, а также в обсуждении полученных результатов и подготовке окончательного варианта статьи.

Дополнительная информация

Б.М. Анкешева, ORCID: 0000-0001-7854-3820.

Т.Р. Расимовна, ORCID: 0000-0002-0066-4101.

О.В. Пятикопова, ORCID: 0000-0003-4974-6623.

Список литературы

Арыстангалиева В.А. Разработка технологии выращивания посадочного материала австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) в установке с замкнутым водоиспользованием : автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук. — М., 2017. — 24 с.

Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Акимова М.Ю., Паршин-Чудин А.В. Биология и культивирование австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) : моногр. — М. : ВНИРО, 2013. — 48 с.

Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. — Копенгаген : ФАО, 2010. — 70 с.

Жигин А.В. Замкнутые системы в аквакультуре : моногр. — М. : Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. — 664 с.

Жигин А.В., Арыстангалиева В.А., Ковачева Н.П. Влияние температуры воды на рост и выживаемость австралийских красноклешневых раков // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование : мат-лы 8-й всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке. — Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2017. — Ч. 1. — С. 86–89.

Колмыков Е.В. Инструкция по разведению речных раков. — Астрахань : КаспНИРХ, 2004. — 30 с.

Купинский С.Б. Продукционные возможности рыбохозяйственных водоемов и объектов рыбоводства : учеб. пособие. — СПб. : Лань, 2019. — 232 с.

Купинский С.Б. Радужная форель — предварительные параметры стандартной модели массонакопления // Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах : сб. науч. тр. ВНИИПРХ. — 1986. — Вып. 46. — С. 109–115.

Лагуткина Л.Ю., Мартыанов А.С., Степанов Р.В., Шейхгасанов К.Г. Оптимизация технологии кормления австралийских раков с помощью рецептов экспериментальных кормов // Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. — 2016. — № 1. — С. 77–86.

Пат. РФ № 2709973. МПК А01К 61/00 (2006.01). Способ товарного выращивания тропических видов в прудовой поликультуре / А.И. Хорошко, В.Н. Крючков. — Заявл. 30.10.2017; Опубликовано 23.12.2019; Бюл. № 36.

Шокашва Д.И. Рост молоди австралийского рака *Cherax quadricarinatus* в индустриальных условиях в зависимости от температуры среды // Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. — 2018. — № 2. — С. 98–103. DOI: 10.24143/2073-5529-2018-2-98-103.

De Bock M.S., López Greco L.S. Sex reversal and growth performance in juvenile females of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae): effect of increasing temperature and androgenic gland extract in the diet // Aquacult. Int. — 2010. — № 18. — P. 231–243. DOI: 10.1007/s10499-008-9239-x.

Lawrence C., Jones C. Chapter Cherax // Biology of Freshwater Crayfish. — Oxford : Blackwell Science, 2002. — P. 635–670.

Meade M.E., Doeller J.E., Kraus D.W., Walls 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. — Vol. 33, № 2. — P. 188–198.

Sagi A., Milstein A., Eran Y. et al. Culture of the Australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Israel. II. Second growout season of overwintered populations // Israeli J. Aquacult. — Bamidgah. — 1997. — Vol. 49. — P. 222–229.

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. — Vol. 44, № 1. — P. 1–29. DOI: 10.1111/jwas.12011.

Souty-Grosset C., Holdich D.M., Noel P.Y., Reynolds J.D. Atlas of Crayfish in Europe. — Paris : Museum national d'Histoire naturelle. — 2006. — 187 p.

Xiaoxuan C., Zhixin W., Licai H. Effects of water temperature on ingestion and growth of *Cherax quadricarinatus* // J. Huazhong (Central China) Agricultural University. — 1995. — Vol. 14(5). — P. 477–480.

References

Arystangaliev, V.A., Development of technology for growing planting material of the Australian red-clawed crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in an installation with closed water use, *Cand. Sci. (Agricultural.) Dissertation*, Moscow, 2017.

Borisov, R.R., Kovacheva, N.P., Akimova, M.Yu., and Parshin-Chudin, A.V., *Biologiya i kul'tivirovaniye avstraliyskogo krasnokleshnevoogo raka Cherax quadricarinatus (von Martens, 1868)* (Biology and cultivation of the Australian red-lobed cancer *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868)), Moscow: VNIRO, 2013.

Brynalle, Ya., *Rukovodstvo po akvakul'ture v ustanovkakh zamknutogo vodosnabzheniya. Vvedeniye v novyye ekologicheskkiye i vysokoproduktivnyye zamknutyie rybovodnyye sistemy* (Guide to aquaculture in closed water supply installations. Introduction to new ecological and highly productive closed fish farming systems), Copenhagen: FAO, 2010.

Zhigin, A.V., *Zamknutyie sistemy v akvakul'ture* (Closed systems in aquaculture), Moscow: Publishing house of the Russian State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, 2011.

Zhigin A.V., Arystangalieva V.A., and Kovacheva N.P., Influence of water temperature on growth and survival of australian red claw crayfish, in *Prirodnyye resursy, ikh sovremennoye sostoyaniye, okhrana, promyslovoye i tekhnicheskoye ispol'zovaniye, 8-y Vseros. nauchn.-prakt. konf., posvyashchennaya 75-letiyu rybokhozyaystvennogo obrazovaniya na Kamchatke, Tezisy dokladov* (Natural resources, their current status, protection, commercial and technical use, Proc. 8th All-Russ. Sci.-Pract. Conf., Commem. 75th Anniversary of Fisheries Education in Kamchatka), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka State Technical University, 2017, part 1, pp. 86–89.

Kolmykov, E.V., *Instruktsiya po razvedeniyu rechnykh rakov* (Instructions for breeding river crayfish), Astrakhan: Kasp. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz., 2004.

Kupinsky, S.B., *Produksionnyye vozmozhnosti rybokhozyaystvennykh vodoyemov i ob'yektov rybovodstva* (Production capabilities of fisheries reservoirs and fish farming facilities), St. Petersburg: Lan, 2019.

Kupinsky, S.B., Rainbow trout — preliminary parameters of the standard model of mass accumulation, in *Sb. nauchn. tr. VNIIPRKH "Industrial'noye rybovodstvo v zamknytykh sistemakh"*, 1986, no. 46, pp. 109–115.

Lagutkina, L.Y., Mart'yanov, A.S., Stepanov, R.V., and Shahveranov, K.G., Optimization of the technology of feeding Australian crayfish through the use of experimental feeds formulas, *Vestnik Astrakh. Gos. Tekh. Univ., Ser. Ryb. khoz-vo*, 2016, no. 1, pp. 77–86.

Khoroshko, A.I. and Kryuchkov, V.N., RF Patent no. 2709973, IPC A01K 61/00 (2006.01), Method rearing of tropical species in pond polyculture, *Byul.*, 2019, no. 36.

Shokasheva, D.I., Growth of australian crayfish (*Cherax quadricarinatus*) juveniles in industrial conditions depending on the environment temperature, *Vestnik Astrakh. Gos. Tekh. Univ., Ser. Ryb. khoz-vo*, 2018, no. 2, pp. 98–103. doi 10.24143/2073-5529-2018-2-98-103

De Bock, M.S. and López Greco, L.S., Sex reversal and growth performance in juvenile females of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae): effect of increasing temperature and androgenic gland extract in the diet, *Aquacult. Int.*, 2010, no. 18, pp. 231–243. doi 10.1007/s10499-008-9239-x

Lawrence, C. and Jones, C., Chapter Chera, *Biology of Freshwater Crayfish*, Oxford: Blackwell Science, 2002, pp. 635–670.

Meade, M.E., Doeller, J.E., Kraus, D.W., and Walls, 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, vol. 33, no. 2, pp. 188–198.

Sagi, A., Milstein, A., Eran, Y., Joseph, D., Khalaila, I., Abdu, U., Harpaz, S., and Karplus, I., Culture of the Australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Israel. II. Second growout season of overwintered populations, *Israeli J. Aquacult. — Bamidgeh*, 1997, vol. 49, P. 222–229.

Saoud, I.P., Ghanawi, J., Thompson, K.R., and 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, vol. 44, no. 1, pp. 1–29. doi 10.1111/jwas.12011

Souty-Grosset, C., Holdich, D.M., Noel, P.Y., and Reynolds, J.D., *Atlas of Crayfish Europe*, Paris: Museum national d'Histoire naturelle, 2006.

Xiaoxuan, C., Zhixin, W., and Licai, H., Effects of water temperature on ingestion and growth of *Cherax quadricarinatus*, *J. Huazhong (Central China) Agricultural University*, 1995, vol. 14(5), pp. 477–480.

Food systems for better nutrition: The state of food and agriculture. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2013. <http://www.fao.org/publications/sofa/2013/en>. Cited August 27, 2021.

RD 52.24.496-2018. Metodika izmereniy temperatury, prozrachnosti i opredeleniya zapakha vody (RD 52.24.496-2018. Method of measuring temperature, transparency and determination of the smell of water), Rostov-na Donu: Gidrokhimicheskiy institut, 2018.

RD 52.24.419-2005. Massovaya kontsentratsiya rastvorennogo kisloroda v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy yodometricheskim metodom (RD 52.24.419-2005. Mass concentration of dissolved oxygen in water. The method of performing measurements by the iodometric method), Rostov-na-Donu: Federal'naya sluzhba Rossii po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy, 2004.

PND F 14.1:2:3:4.121-97. Kolichestvennyy khimicheskiy analiz vod. Metodika vypolneniya izmereniy pH v vodakh potentsiometricheskim metodom (PND F 14.1:2:3:4.121-97. Quantitative chemical analysis of waters. Measurement procedure pH in waters by the potentiometric method), Moscow: Federal'nyy tsentr analiza i otsenki tekhnogenogo vozdeystviya, 2016.

PND F 14.1:2:3.1-95. Kolichestvennyy khimicheskiy analiz vod. Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii ionov ammoniya v prirodnykh i stochnykh vodakh fotometricheskim metodom s reaktivom

Nesslera (PND F 14.1:2:3.1-95. Quantitative chemical analysis of waters. Method of measuring the mass concentration of ammonium ions in natural and wastewater by photometric method with Nessler reagent), Moscow: Federal'nyy tsentr analiza i otsenki tekhnogennogo vozdeystviya, 2017.

RD 52.24.381-2017. Massovaya kontsentratsiya nitritnogo azota v vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom s reaktivom Grissa (RD 52.24.381-2017. Mass concentration of nitrites in waters. The method of performing measurements by the photometric method with the Griss reagent), Rostov-na-Donu: Gidrokhimicheskiy institut, 2017.

RD 52.24.380-2017. Massovaya kontsentratsiya nitratnogo azota v vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom s reaktivom Grissa posle vosstanovleniya v kadmiyevom reduktore (RD 52.24.380-2017. Mass concentration of nitrate nitrogen in waters. Measurement technique by photometric method with Griss reagent after reduction in a cadmium reducer), Rostov-na-Donu: Gidrokhimicheskiy institut, 2017.

Поступила в редакцию 1.10.2021 г.

После доработки 18.11.2021 г.

Принята к публикации 30.11.2021 г.