СРЕДСТВА ЗООГИГИЕНЫ, ДЕЗИНФЕКЦИИ, ДЕЗИНСЕКЦИИ И ДЕРАТИЗАЦИИ

Научная статья
УДК 597.5, 544.3—146.1:556.541.3 (282.247.41)
DOI: 10.17238/issn2541-8203.2024.2.94

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛИЧНЫХ ПРУДОВ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА

Виктор Николаевич Крючков✉, Вера Ивановна Егорова, Бостель Префина Томокала, Ирина Владимировна Волкова

Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия, gridasova@mail.ru✉

Аннотация. Австралийский красноклешневый рак показал себя как прекрасный объект для коммерческого культивирования, т. к. имеет высокий темп роста, широкую пластичность и способность адаптироваться к неблагоприятным условиям обитания. Однако, содержание рака в УЗВ связано со значительными, по сравнению с выращиванием в прудах, затратами. В связи с этим, возникла необходимость в ревизии существующих подходов в аквакультуре, повышении эффективности используемых биотехнологий, а также в развитии новых форм ресурсосберегающего сельскохозяйственного производства и экологичных технологий. Кроме УЗВ, подращивание и накопление молоди рака осуществлялось в тепличных прудах.Установлена целесообразность использования тепличного пруда как элемента промежуточного межсезонного содержания производителей и молоди. Наш подход продемонстрировал применении дополнительного технологического этапа в производстве молоди рака — накоплении и подращивании в тепличных прудах. Предварительное подращивание молоди в тепличном пруду позволяет получать молодь с более высокими размерно-весовыми кондициями по сравнению с молодью рака, которая содержалась в УЗВ.
Ключевые слова: тропические раки, аквакультура, тепличные пруды, подращивание молоди, красноклешневый рак, подращивание и накопление молоди.

В последние десятилетия австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus (von Martens) (Decapoda: Parastacidae*) показал себя как прекрасный объект для коммерческого культивирования. Ряд биологических свойств австралийского рака, такие, как, высокий темп роста, широкая пластичность и способность адаптироваться к неблагоприятным условиям обитания, потребительские качества, делают это вид десятиногих раков все более привлекательным [1, 2].

Интерес к товарному выращиванию австралийского рака все более смещает северную границу его распространения в хозяйствах аквакультуры. Товарное выращивание австралийских раков в условиях умеренного континентального климата предполагает использование контролируемых условий в холодное время года, период нагула в открытых водоемах (прудах) ограничен теплым временем года, когда температуры воды не опускается ниже значений 20 °С. Собственные наблюдения, полученные как при товарном выращивании, таки при постановке экспериментов [3,4], показали, что, несмотря на то, что красноклешневый рак выживает при температуре около 15 °С, эффективный рост при температуре ниже 20 °С прекращается, и дальнейшее содержание товарных раков в прудах становится нецелесообразным.

Вместе с тем, максимальное использование открытых водоемов при выращивании красноклешневого рака следует из технологической и экономической целесообразности, поскольку содержание рака в УЗВ связано со значительными, по сравнению с выращиванием в прудах, затратами.

Повысить рентабельность товарного выращивания австралийского рака возможно разными путями. В последние годы интенсивные и сверхинтенсивные модели ведения сельского хозяйства и аквакультуры получили широкое распростране-

© Крючков В. Н., Егорова В. И., Томокала Б. П., Волкова И. В., 2024

ние во многих странах для достижения высокой эффективности [5]. Однако интенсивные модели ведения прудового хозяйства приводят к ухудшению качества воды, что существенно, ограничивает устойчивое развитие аквакультура [6,7], поскольку приводит к усилению стресса и вспышкам заболеваний [8]. Наш подход заключается в применении дополнительного технологического этапа в производстве молоди рака — накоплении и подращивании в тепличных прудах.

Целью настоящей работы было изучение эффективности использования таких инженерных сооружений, как тепличные пруды, в биотехнологическом цикле выращивания товарного австралийского рака в условиях юга России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были проведены в 2019—2020 гг. на экспериментально-производственной базе малого инновационного предприятия ООО «Экотропик». Данное предприятие было организовано с участием в качестве учредителя Астраханского государственного технического университета.

Зимнее содержание раков *(Cherax quadricarinatus)*осуществлялось в УЗВ оригинальной конструкции, объем бассейнов, объединенных в одну установку — 5 м^3.

Самки с отложенной на плеоподах икрой содержались отдельно, после схода рачат самки из резервуаров удалялись.

После предварительного подращивания в течение 30 суток молодь раков помещалась о бассейны, глубина воды 30 см, в бассейнах располагались укрытия. Плотность посадки рачат в бассейны — 500 экз./м^2. При достижении массы 0,5—1,0 г плотность содержания молоди раков была 300—350 экз./м^2. Кормление — 4 раза в сутки кормами растительного и животного происхождения.

Кроме УЗВ, подращивание и накопление молоди рака осуществлялось в тепличных прудах, площадь прудов 0,03 га (рис. 1). Конструкция прудов позволяла избежать фильтрации воды через ложе пруда.



Рис. 1. Тепличный пруд после заполнения водой

Контроль роста раков в тепличных прудах осуществлялся с использованием подъемных кормовых мест оригинальной конструкции, позволяющих отлавливать питающихся раков.

Выращивание раков до товарных размеров производилось в прудах площадью от 0,2 до 0,8 га. Контроль условий выращивания проводили по гидрохимическим и гидробиологическим показателям.

Гидролого-гидрохимические показатели определялись на месте проведения исследований с использованием портативных аналитических приборов.

Сбор и обработку гидробиологического материала проводили по общепринятым методикам [9, 10].

Кормление раков в нагульных прудах не производилось. Для поддержания на достаточном уровне развития кормовых организмов в пруды вносились органические удобрения (подсушенная растительность по урезу воды).

Статистическая обработка производилась с использованием методов параметрического анализа [11], достоверность различий оценивалась по t-критерию Стьюдента [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Накопление и предварительное подращивание молоди австралийского рака

Подращивание молоди австралийского рака и предварительное содержание рачат до наступлении погодных условий, позволяющих начинать товарное выращивание в нагульных прудах, производилось в УЗВ. Приемы ухода за биологическим материалом, который использовался в данном исследовании, в принципе мало отличался от общих правил ухода за гидробионтами в искусственных условиях. Они включали несколько основных обязательных операций — чистка бассейнов, кормление, оценка здоровья и физиологического состояния раков, профилактические мероприятия.

Молодь учитывалась по количеству и пересаживалась в отдельные бассейны, в которых устанавливались укрытия, их количество превышало численность посаженой молоди. В течение первых дней молодь кормили мороженными кормами (артемия салина, дафния) позже в рацион включали комбикорм собственной рецептуры и изготовления.

В тепличный пруд площадью 0,03 га после прогрева воды до 21,5 °С было посажено 1600 экз. молоди австралийского рака средней массой 2,28 ± 0,18 г. К моменту посадки раков в пруду уже сформировалась кормовая база, суммарная биомасса зоопланктеров (*Cyclops*, *Bosmina, Moina, Daphnia*) составила 8,22 г/м^3. Кроме того следует отметить присутствие *Leptesteria*, и *Chironomidae* (3,0 г/м^2). Содержание кислорода в воде было в среднем 7,4 мг/л. Содержание нитритов и аммиака не превышало нормативных значений.

Сравнительные результаты выращивания посадочного материала австралийского рака в различных условиях показаны в таблице 1.

Исходя из результатов подращивания молоди в разных условиях видно, что по таким показателям, как выживаемость и суточный прирост тепличный пруд существенно превосходит УЗВ. Здесь, однако, следует учитывать, что по мере роста молоди раков их выживаемость увеличивается, поэтому сравнение выживаемости молодых раков в УЗВ и в теплице будет не совсем корректным. В полной мере это относится и к суточному приросту.

На рисунке 2 показана динамика роста молоди австралийского рака в различных условиях содержания.

Таблица 1

Рост и выживаемость молоди австралийского рака в условиях УЗВ и тепличного пруда

Показатели	УЗВ	Тепличный пруд
Длительность выращивания, сутки	62	39
Средняя масса раков начальная, г	0,59 ± 0,08	2,28 ± 0,13
Средняя масса раков конечная, г	9,1 ± 0,22	12,8 ± 0,32
Прирост, г / Суточный прирост, г	8,51 / 0,14	10,5 / 0,27
Выживаемость, %	64	82,5

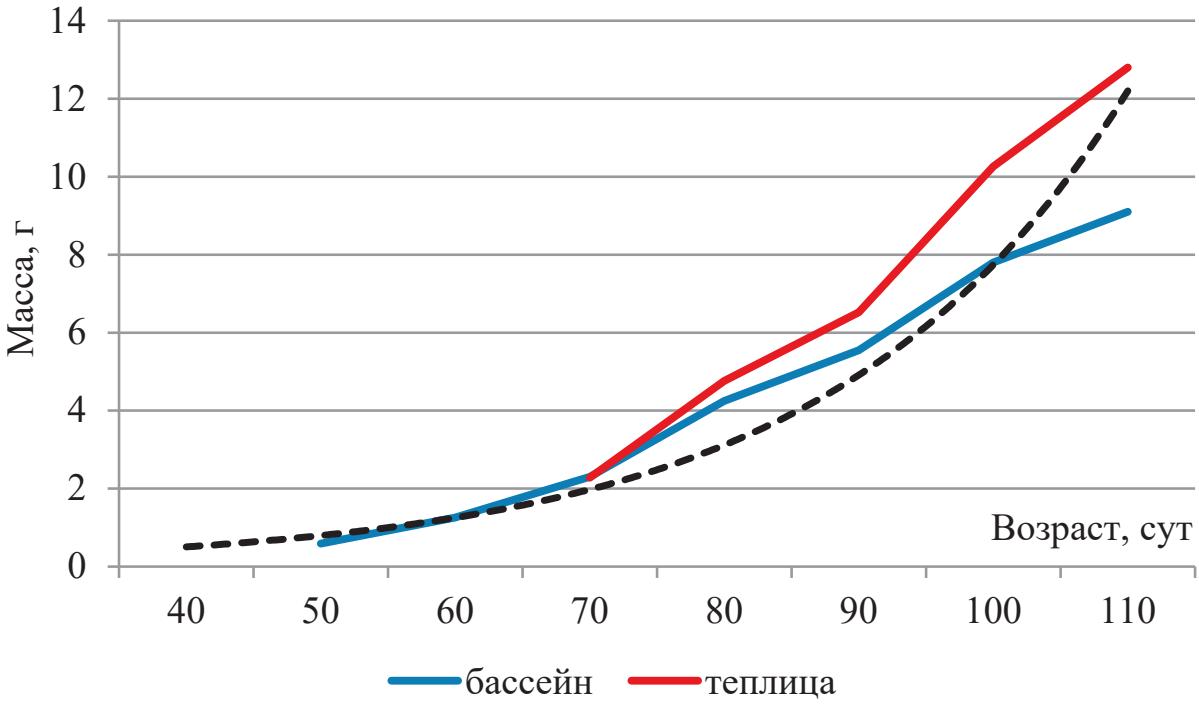

Рис. 2. Сравнительная динамика роста молоди австралийского рака в УЗВ и в тепличном пруду

Несмотря на различия в темпе роста, которые наиболее выражено в возрасте более 90 дней, просматривается общая закономерность, заключающаяся в том, что рост раков в рассматриваемом возрастном интервале имеет экспоненциальный характер — с возрастом темп прироста массы раков возрастает. При этом не вызывает сомнений, что в тепличном пруду темп роста раков достоверно выше ($P < 0,05$) и, соответственно, конечная масса раков более чем на 40 % превышает аналогичный показатель раков, которые содержались в УЗВ. Таким образом, подращивание и накопление молоди раков в тепличных прудах позволяют получать посадочный материал с более высокими размерно-весовыми кондициями. Результаты товарного выращивания раков в прудах представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты товарного выращивания австралийского рака в прудах в Астраханской области в 2019 г.

Показатели	Площадь пруда, га		
	0,2	0,8	0,3
Длительность выращивания, сутки	90	86	90
Средняя масса раков начальная, г	0,4 ± 1,907	5,36 ± 0,13	9,4 ± 0,16
Посажено на выращивание, шт. / кг	1500 / 0,6	3400 / 18,2	1300 / 12,2
Выловлено товарных раков, шт. / кг	1320 / 75,0	2860 / 212,0	1155 / 128,5
Выживаемость, %	88,0	84,1	88,9
Средняя масса конечная, г	56,84 ± 0,48	70,04 ± 9,34	111,0 ± 5,75
Средняя длина товарных раков, мм	121,14 ± 9,12	152,36 ± 3,58	169,73 ± 5,90
Прирост (продукция товарных раков), кг	74,4	193,8	116,3
Продуктивность, кг/га	372,0	242,3	387,7

Несмотря на то, что пруды различались по площади, и поэтому полностью идентичность условий соблюсти не удалось, тем не менее, можно сделать обоснованные выводы о целесообразности использования посадочного материала австралийского рака с повышенными размерно-весовыми показателями.

Показано, что посадочный материал с высокими размерно-весовыми кондициями позволяет получить более крупных товарных раков. Так, при посадке на нагул молоди раков массой 5,36 ± 0,13 и 9,4 ± 0,16 г был получен рак со средней массой соответственно 74,04 ± 9,34 и 111,0 ± 5,75 г, разница составила 50 % ($P < 0,05$).

Что касается другого пруда (площадью 0,2 га), то в нем результаты были существенно ниже. Несмотря на то, что общая продуктивность пруда составила 372,0 кг/га, причем это была продуктивность только раков, т. к. сорной рыбы в пруду практически не было (несколькими десятками мелких рыб массой до 20 г можно пренебречь), средняя масса товарного рака была 56,84 ± 0,48 г. Наименьшая продуктивность была отмечена в пруду № 2 (242,3 кг/га). Следует отметить, что при данном опытно-промышленном выращивании не было цели получить наиболее возможную продуктивность. Поскольку в нашем распоряжении было ограниченное количество молоди рака, товарное выращивание планировалось главным образом на основе естественной кормовой базы прудов.

При использовании посадочного материала со средней массой раков 9,4 ± 0,16 г среди товарных раков относительное количество так называемой «некондиционной продукции», к которой нами были отнесены раки с индивидуальной массой тела менее 40,0 г, было порядка 2 %, это незначительная величина, которой в принципе можно было и пренебречь, если бы речь шла о чисто производственных результатах (рис. 3). При этом относительное количество раков с массой от 100,1 г и выше составило 53 %. Это может представлять существенную коммерческую выгоду, т. к. крупный рак — это уже товар другой ценовой категории. Так, уже упомянутое предприятие ООО «Эко-тропик» реализовывало крупного рака по цене в два раза выше, чем рака с массой от 40,1 до 70,0 г или же раков без сортового разбора.

Среди товарных раков, выращенных из молоди со средней массой 5,36 ± 0,13 г, доля «некондиционной» продукции была чуть более 10 %. Основную часть составляли раки массой от 50,1 до 70,0 г (42,5 %).

Производственный цикл выращивания тропических ракообразных длится один год и включает следующие технологические этапы:

— Заготовка производителей во время облова товарной продукции (сентябрь);

— Содержание производителей в УЗВ в контролируемых условиях теплого цеха и подготовка их к нересту (сентябрь — январь);

— Нерест производителей (февраль — май);

— Накопление и передержка молоди, подращивание в бассейнах (февраль — май);

— Подращивание молоди в тепличных прудах (апрель — май);

— Выращивание товарного рака в нагульных прудах (июнь — сентябрь);

— Облов прудов и переработка товарной продукции (сентябрь);

— Заготовка производителей (сентябрь)

Длительность временного периода, который приходится на такие этапы, как зимнее содержание и нерест производителей и накопление и подращивание молоди, составляет свыше восьми месяцев, при этом подращивание молоди длится до 3—3,5 месяцев в зависимости от сроков, когда осуществлялся нерест производителей. Полагаем, что наиболее «проблемным» является этап накопления и подращивания молоди, предназначенной для дальнейшего товарного выращивания.

Основные потребности в оборудовании и рыбоводно-биологические показатели, потребные для производства 10 тонн товарного рака в год представлены в таблице 3.

Основная проблема на этапе накопления молоди — выживаемость, которая, согласно нашим данным, не превышает 70 % в течение 60 суток, а зачастую не более 40—45 %. В данной статье мы не останавливаемся на анализе причин относительно невысокой выживаемости молоди рака в УЗВ, однако заметим, что ранее нами был сделан вывод, что «при высокой концентрации раков на единице площади дна рыбоводной емкости обеспечить высокую выживаемость при длительном содержании невозможно даже при многократном увеличении количества укрытий» [13]. О значении плотности содержания для обеспечения эффективного выращивания сообщается в исследовании J. Naranjo-Páramo с соавт. [14]. Стало быть, повысить выживаемость молоди и, следовательно, рентабельность производства, можно двумя путями: уменьшить плотность посадки молоди на подращивание в УЗВ, либо минимизировать это время, уменьшив, таким образом, отход вследствие каннибализма.

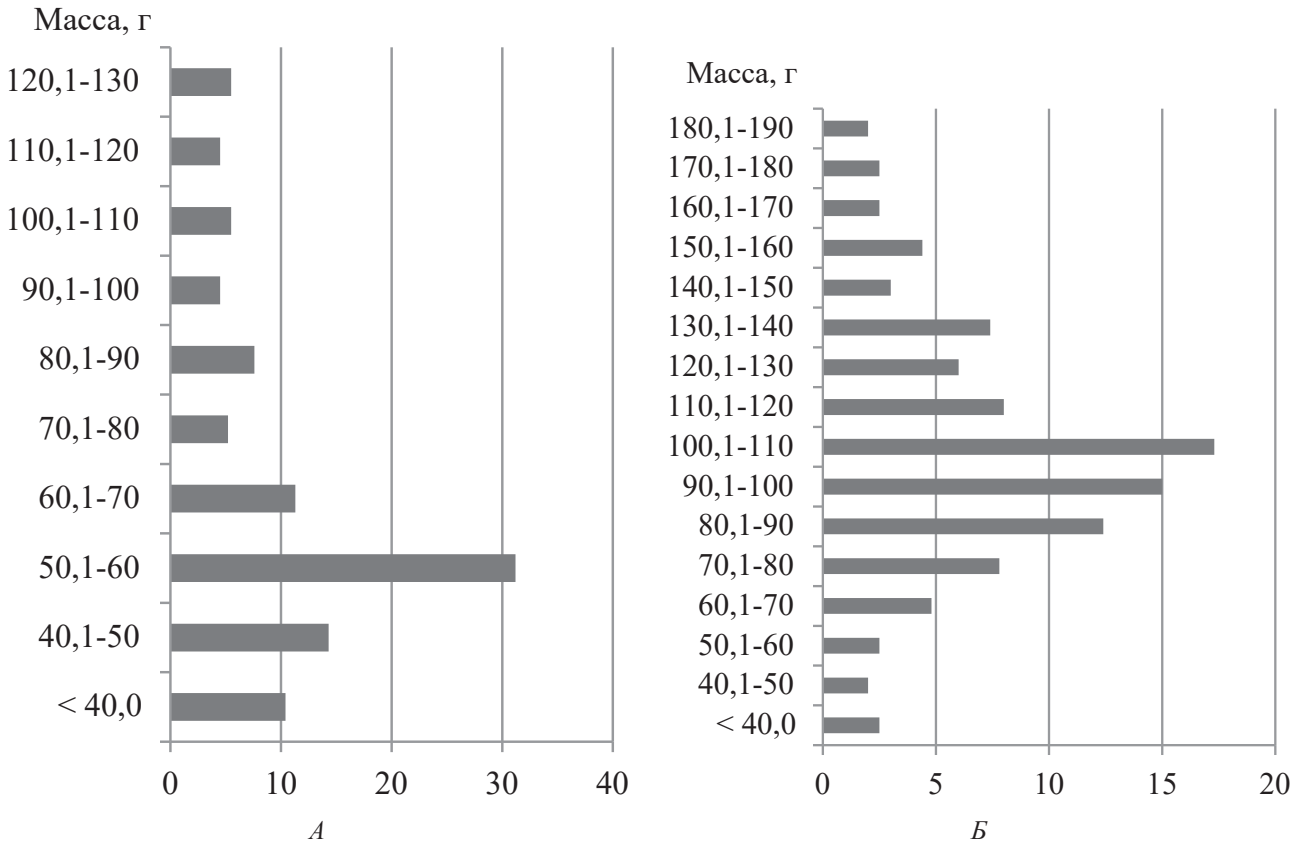

Рис. 3. Качественный состав товарных раков, %:

А — соотношение весовых групп товарных раков при использовании молоди массой 5,36 ± 0,13 г; *Б* — соотношение весовых групп товарных раков при использовании молоди массой 9,4 ± 0,16 г

Таблица 3

Основные технологические показатели производства 10 тонн товарного рака

Годовой объем производства товарных раков, кг	10 000
1	2
Количество товарного рака, тыс. шт.	180
Выживаемость раков при нагуле в пруду	80 %
Количествомолоди рака, посаженной на нагул, тыс. шт.	200
Количестворанней молоди, производимой самками с января по май, тыс. шт.	350
Выживаемость молоди при подращивании в УЗВ	60 %
Рабочая плодовитость самок, шт.	400
Кратность размножения за сезон	2
Количество самок на инкубационную кампанию, шт.	450
Количество самцов на инкубационную кампанию, шт.	200
Количество производителей на 1 сезон (включая 100 %-ный резерв), шт.	1300
Площадь бассейнов в УЗВ для содержания производителей, м^2	80

Окончание табл. 3

1	2
Средняя плотность посадки молоди в УЗВ, шт./м^2	300
Общая рабочая площадь воды мальковых УЗВ, м^2	670
Общая площадь помещения, занятая непосредственно бассейнами, м^2	250
Общая площадь цеха для размещения УЗВ, м^2	400

Принимая во внимание сложности, которые возникают при интенсификации выращивания молоди австралийского рака, ряд исследователей видят реальную возможность увеличения выживаемости за счет увеличения площади поверхности резервуара, доступной для молоди раков [15]. Понятно, что уменьшение плотности посадки ограничивается возможностями цеха зимнего содержания, где будет происходить накопление молоди. Как видно из таблицы 3, для производства 10 тонн товарных раков требуется помещение площадью порядка 400 м^2, соответственно, для получения большего количества конечной продукции потребуется увеличение площади как УЗВ, так и цеха для их размещения, что сопряжено с кратным ростом финансовых затрат. Увеличение плотности посадки молоди и одновременное уменьшение длительности подращивания также имеет отрицательные последствия. Во-первых, снижение массы раков, предназначенных для товарного выращивания, перед посадкой в нагульный пруд сказывается на конечной массе товарного рака, что было показано выше. Если общая продуктивность с большой вероятностью не снизится, то средняя индивидуальная масса товарного рака оказалась существенно меньше по сравнению с той, которая была достигнута при использовании посадочного материала с достаточной навеской. Уменьшение товарной массы непосредственно сказывается и на конечной цене продукции.

Способствовать хотя бы частично преодолению указанных трудностей позволяет внедрение в технологический цикл такого этапа, как предварительное накопление молоди рака в так называемых тепличных прудах.

Требования к таким сооружениям были сформулированы нами в соответствующей публикации [16]. Наиболее важными из них являются следующие:

— конструкция пруда должна исключить фильтрацию воды через ложе пруда;

— конструкция и расположение пруда на местности должны максимально обеспечивать прогрев сооружения солнечным теплом, соответственно, температура воды в период использования не должна опускаться ниже значения +22 °С;

— конструкция пруда должна обеспечивать поддержание температуры воды не выше +32 °С, например, за счет водообмена;

Общий вид одного из таких тепличных прудов, который был использован по прямому назначению, показан на рисунке 1.

При выполнении данной работы мы применяли невысокую плотность посадки раков в тепличный пруд. Очевидно, что потенциал такого пруда значительно выше при применении мероприятий по интенсификации данного этапа [17].

Экономическая эффективность и целесообразность выращивания товарного речного рака крупной навески зависит от нескольких факторов: рыночного спроса, себестоимости выращивания крупного рака, также следует оценить возможные риски, связанные с погодными условиями, заболеваниями раков и другими внешними факторами, которые могут повлиять на урожайность и рентабельность.

Результаты экспериментального товарного выращивания австралийского рака показали эффективность применения тепличных прудов для накапливания посадочного материала. Испытание рыбоводных качеств подрощенной в тепличном пруду молоди австралийского рака продемонстрировали существенное преимущество над контрольными группами по конечной товарной массе при выращивании в одинаковых (сходных) условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предварительное подращивание молоди в тепличном пруду позволяет получать молодь с более высокими размерно-весовыми кондициями по сравнению с выращиванием и накоплением в установках замкнутого водоснабжения. Показано, что при выращивании от крупной молоди, полученной

в тепличном пруду, средняя масса товарных раков составила 111,0 ± 5,75 г, тогда как при использовании посадочного материала со средней индивидуальной массой менее 1,0 г, взрослые товарные особи достигли средней массы всего 56,84 ± 0,48 г.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Ghanawi J. Molting,* reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish Cherax quadricarinatus (von Martens 1868) / J. Ghanawi, I. P. Saoud // Aquaculture, 2012, V. 358—359. — P. 183—195.

2. *Saoud I. P.* A review of the culture and diseases of redclaw crayfish Cherax quadricarinatus (von Martens 1868)/ I. P. Saoud, J. Ghanawi, K. R. Thompson, C. D. Webster // J. World Aquac. Soc., 2013, V. 44. — P. 1—29.

3. *Ульянова А. С.* О внедрении тропических видов в авквакультуру в южных регионах России / А. С. Ульянова, В. Н. Крючков, А. И. Хорошко, А. В. Крючков // Фундаментальные и прикладные исследования университетов, интеграция в региональный инновационный комплекс: докл. мол. ученых в рамках программы «У.М.Н.И.К.»/ Астрахан. гос. техн. университет. — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. — Т. 2. — С. 138—141.

4. *Зволинский В. П.* Изучение адаптивного потенциала австралийского рака Cherax quadricarinatus, культивируемого в Астраханской области / В. П. Зволинский, В. Ф. Зайцев, В. Н. Крючков, И. В. Волкова, Н. И. Матвеева, Г. Е. Исамбекова // Экологические аспекты природопользования Северного Прикаспия / Сб. науч. ст. — Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. — С. 349—393.

5. *Oddsson G.* A definition of aquaculture intensity based on production functions — the aquaculture production intensity scale (APIS) // Water, 2020, 12 (3). — 765.

6. *Hoseini S. M.* Effects of dietary tryptophan levels and fish stocking density on immunological and antioxidant responses and bactericidal activity against Aeromonas hydrophila in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) / S. M. Hoseini, A. Taheri Mirghaed, M. Ghelichpour // Aquacult. Res., 2020, 51. — P. 1455—1463.

7. *Mohammady E. Y.* Response of Nile tilapia under biofloc system to floating or sinking feed and feeding rates: water quality, plankton community, growth, intestinal enzymes, serum biochemical and antioxidant status / E. Y. Mohammady, M. R. Soaudy, M. M. Ali, M. A. El-ashry, M.S.A. El-Karim, S. Jarmołowicz, M. S. Hassaan // Aquacult. Rep., 2023, V. 29. — 101489.

8. *Refaey M. M.* Fresh azolla, Azolla pinnata as a complementary feed for Oreochromis niloticus: Growth, digestive enzymes, intestinal morphology, physiological responses, and flesh quality / M. M. Refaey, A. I. Mehrim, O. A. Zenhom, H. A. Areda, J. A. Ragaza, M. S. Hassaan // Aquac. Nutr. 2023. — 1403704.

9. *Садчиков А. П.* Методы изучения пресноводного фитопланктона. — М.: Университет и школа, 2003. — 157 с.

10. *Федоров В. Д.* Практическая гидробиология/ В. Д. Федоров, В. В. Ильинский, В. Ф. Исакова — М.: Изд-во «ПИМ», 2006. — 376 с.

11. *Гланц С.* Медико-биологическая статистика. — М.: Практика, 1998. — 459 с.

12. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. — М.: Высшая школа, 1990. —352 с.

13. *Томокала Б. П.* Определение оптимальной плотности содержания молоди австралийского рака в УЗВ / Б. П. Томокала, В. Н. Крючков // 65-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета, Астрахань, 26—30 апреля 2021 года: материалы / Астраханский государственный технический университет. — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2021. — 1 CD-ROM. — С. 294—296.

14. *Naranjo-Páramo, J.* Effect of stocking density on growth, survival and yield of juvenile redclaw crayfish Cherax quadricarinatus (Decapoda: Parastacidae) in gravel-lined commercial nursery ponds/ J. Naranjo-Páramo, A. Hernandez-Llamas, H. Villarreal // Aquaculture, Volume 242, Issues 1—4, 2004. — P. 197—206.

15. *Parnes S.* Intensification of redclaw crayfish Cherax quadricarinatus culture: I. Hatchery and nursery system / S. Parnes, A. Sagi // Aquacultural Engineering, Volume 26, Issue 4, 2002. — P. 251—262.

16. *Егорова В. И.* Развитие фито- и зоопланктона в тепличных прудах, предназначенных для культивирования тропических Decapoda / В. И. Егорова, В. Н. Крючков, И. В. Волкова, Б. П. Томокала // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство / Том 2023, № 2. — С. 7—13.

17. *Naranjo-Páramo, J.* Aeration level in HDPE-lined nursery ponds that optimizes yield and production cost of preadult redclaw crayfish, Cherax quadricarinatus / J. Naranjo-Páramo, L. R. Martínez-Córdova, M. Vargas-Mendieta, H. Villarreal // Aquacultural Engineering, Volume 96, 2022. — 102221.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

В. И. Егорова — кандидат биологических наук, доцент;
И. В. Волкова — доктор биологических наук, доцент, профессор;
Б. П. Томокало — аспирант;
В. Н. Крючков — доктор биологических наук, профессор.

Статья поступила в редакцию 02.04.2024.

AGENTS FOR ZOOHYGIENE, DISINFECTION, DISINSECTIZATION AND DISINFESTATION

Original article
UDC 597.5, 544.3—146.1:556.541.3 (282.247.41)

USE OF CONSERVATORY PONDS FOR THE AUSTRALIAN RED CLAW CRAYFISH FARMING

Viktor Nikolaevich Kryuchkov✉, Vera Ivanovna Egorova, Bostel Prefina Tomokala, Irina Vladimirovna Volkova

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, gridasova@mail.ru✉

Abstract. The Australian red claw crayfish has proven to be an excellent object for commercial farming, as it has a high growth rate, wide plasticity and the ability to adapt to unfavorable living conditions. However, keeping crayfish in closed water supply systems (CWSS) is associated with significant costs, compared to rearing in ponds. In this regard, there is a need to revise existing approaches in aquaculture, increase the efficacy of biotechnologies used, as well as develop new forms of resource-saving agricultural production and environmentally friendly technologies. In addition to CWSS, the rearing and stocking of juvenile crayfish was carried out in conservatory ponds. The feasibility of using a conservatory pond as an element of the intermediate off-season keeping of brood crayfish and juvenile crayfish was established. Our approach demonstrated the use of an additional technological stage in the production of crayfish — stocking and rearing in conservatory ponds. Preliminary rearing of juveniles in a conservatory pond makes it possible to obtain juveniles with higher size and weight standards, compared to juvenile crayfish that were kept in a CWSS.

Keywords: tropical crayfish, aquaculture, conservatory ponds, rearing of juveniles, red claw crayfish, rearing and stocking of juveniles

In recent decades, the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus (von Martens) (Decapoda: Parastacidae)* has shown itself to be an excellent subject for commercial farming. A number of biological properties of the Australian crayfish, such as high growth rate, wide plasticity and the ability to adapt to unfavorable living conditions, consumer qualities, make this species of decapods increasingly attractive [1, 2].

Interest in the commercial farming of the Australian crayfish is increasingly shifting the northern limit of its distribution at aquaculture farms. Commercial farming of the Australian crayfish in a temperate continental climate involves the use of controlled conditions in the cold season; the feeding/fattening period in open water bodies (ponds) is limited to the warm season, when water temperatures do not fall below 20 °C. Our own observations, obtained both during commercial farming and during experiments [3, 4], showed that, despite the fact that the red claw crayfish survives at temperatures of about 15 °C, effective growth stops at temperatures below 20 °C, and further keeping of commercial crayfish in ponds becomes unfeasible.

At the same time, the maximum use of open reservoirs when rearing the red claw crayfish follows from technological and economic feasibility, since keeping crayfish in CWSS is associated with significant costs, compared to rearing in ponds.

It is possible to increase the profitability of commercial farming of the Australian crayfish in different ways. In recent years, intensive and ultra-intensive models of agriculture and aquaculture have become widespread in many countries to achieve high efficacy [5]. However, intensive models of pond farming lead to deterioration in water quality that significantly limits the sustainable aquaculture development [6, 7], as it leads to increased stress and disease outbreaks [8]. Our approach consists of the use of an additional technological stage in the production of juvenile crayfish — stocking and rearing in conservatory ponds.

The objective of this work was to study the efficacy of using such engineering constructions as conservatory ponds in the biotechnological cycle of rearing commercial Australian crayfish in the conditions of southern Russia.

© Kryuchkov V. N., Egorova V. I., Tomokala B. P., Volkova I. V., 2024

MATERIAL AND METHODS

The studies were conducted in 2019—2020 on the experimental and production base of the small innovative enterprise Eko-Tropik LLC. This enterprise was organized by participation of Astrakhan State Technical University as a founder.

Winter keeping of crayfish *(Cherax quadricarinatus)* was carried out in a CWSS of an original design; the volume of the tanks (pools) combined into one installation was 5 m^3.

Females with eggs laid on pleopods were kept separately. After the hatching of juvenile crayfish, the females were removed from the tanks.

After preliminary rearing for 30 days, juvenile crayfish were placed into tanks, the water depth was 30 cm, and shelters were located in the tanks. The stocking density of juvenile crayfish in tanks was 500 ind./m^2. When the weight reached 0.5—1.0 g, the density of juvenile crayfish was 300—350 ind./m^2. Feeding — 4 times a day with food of plant and animal origin.

In addition to CWSS, the rearing and stocking of juvenile crayfish was carried out in conservatory ponds. The area of the ponds was 0.03 ha (Fig. 1). The design of the ponds made it possible to avoid water filtration through the pond bed.



Fig. 1. Conservatory pond after filling with water

The growth of crayfish in conservatory ponds was controlled using lifting feeding places of an original design that made it possible to catch crayfish during feeding.

Crayfish were reared to commercial size in ponds with an area of 0.2 to 0.8 ha. Control of rearing conditions was carried out using hydrochemical and hydrobiological indicators.

Hydrological and hydrochemical indicators were determined at the research site using portable analytical instruments.

The collection and processing of hydrobiological material was carried out according to generally accepted methods [9,10].

No crayfish were fed in the finishing/forage ponds. To maintain a sufficient level of development of forage

organisms, organic fertilizers (dried vegetation along the water edge) were added to the ponds.

Statistical processing was carried out using parametric analysis methods [11], the reliability of differences was assessed using the Student's t-test [12].

STUDY RESULTS AND DISCUSSION

Stocking and preliminary rearing of the juvenile Australian crayfish

The rearing of the juvenile Australian crayfish and the preliminary keeping of crayfish until the onset of weather conditions allowing commercial rearing in finishing/forage ponds to begin was carried out in CWSS. The methods of caring for biological material, which was used in this study, differed little from the general rules for caring for hydrobionts in artificial conditions. They included several basic mandatory operations — cleaning the tanks, feeding, assessing the health and physiological state of crayfish and preventive measures.

Juveniles were counted by number and transferred to separate tanks in which shelters were installed; their number exceeded the number of juveniles placed. During the first days, the juveniles were fed frozen food (Artemia salina, daphnia). Later, the diet included compound feed of our own recipe and production.

After heating the water to 21.5 °C, 1600 specimens of the juvenile Australian crayfish with an average weight of 2.28 ± 0.18 g were placed into a conservatory pond with an area of 0.03 ha. By the time the crayfish were placed in the pond, the food supply had already been formed, the total biomass of zooplankters (*Cyclops, Bosmina, Moina, Daphnia*) was 8.22 g/m^3. In addition, the presence of *Leptesteria* and *Chironomidae* (3.0 g/m^2) should be noted. The oxygen content in water was on average 7.4 mg/L. The content of nitrites and ammonia did not exceed the norm.

Comparative results of rearing the Australian crayfish stocking material under various conditions are shown in Table 1.

Based on the results of rearing juveniles under different conditions, it is clear that in terms of indicators such as survival rate and daily weight gain, a conservatory pond is significantly superior to a CWSS. However, it should be taken into account that as juvenile crayfish grow, their survival rate increases, so comparison of the survival rate of young crayfish in a CWSS and in a conservatory pond will not be entirely correct. This fully applies to daily weight gain.

Fig. 2 shows the dynamics of growth/weight gain of the juvenile Australian crayfish under various conditions.

Despite the differences in the growth/weight gain rate, which are most pronounced at the age of more than 90 days, a general pattern is visible, which is that the growth of crayfish in the age interval under consideration is exponential — the weight gain rate of juvenile crayfish increases with age. At the same time, there is no doubt that in the conservatory pond the growth rate of crayfish is significantly higher ($P < 0.05$) and the final mass of crayfish is more than 40 % higher than the same indicator for crayfish that were kept in a CWSS. Thus, the rearing and stocking of juvenile crayfish in conservatory ponds makes it possible to obtain stocking material with higher size and weight standards. The results of commercial farming of crayfish in ponds are presented in Table 2.

Despite the fact that the ponds differed in area, and therefore, the conditions could not be completely identical, nevertheless, it is possible to draw reasonable conclusions about the feasibility of using the Australian crayfish with increased size and weight indicators for stocking.

It has been shown that stocking material with high size and weight standards makes it possible to obtain larger commercial crayfish. Thus, when stocking juvenile crayfish weighing 5.36 ± 0.13 and 9.4 ± 0.16 g for fattening, a crayfish was obtained with an average weight of 74.04 ± 9.34 and 111.0 ± 5.75 g, respectively, the difference was 50 % ($P < 0.05$).

Table 1

Growth and survival rate of the juvenile Australian crayfish under CWSS and conservatory pond conditions

Indicators	CWSS	Conservatory pond
Duration of rearing, d	62	39
Average initial weight of crayfish, g	0.59 ± 0.08	2.28 ± 0.13
Average final weight of crayfish, g	9.1 ± 0.22	12.8 ± 0.32
Weight gain, g / Daily growth, g	8.51 / 0.14	10.5 / 0.27
Survival rate, %	64	82.5

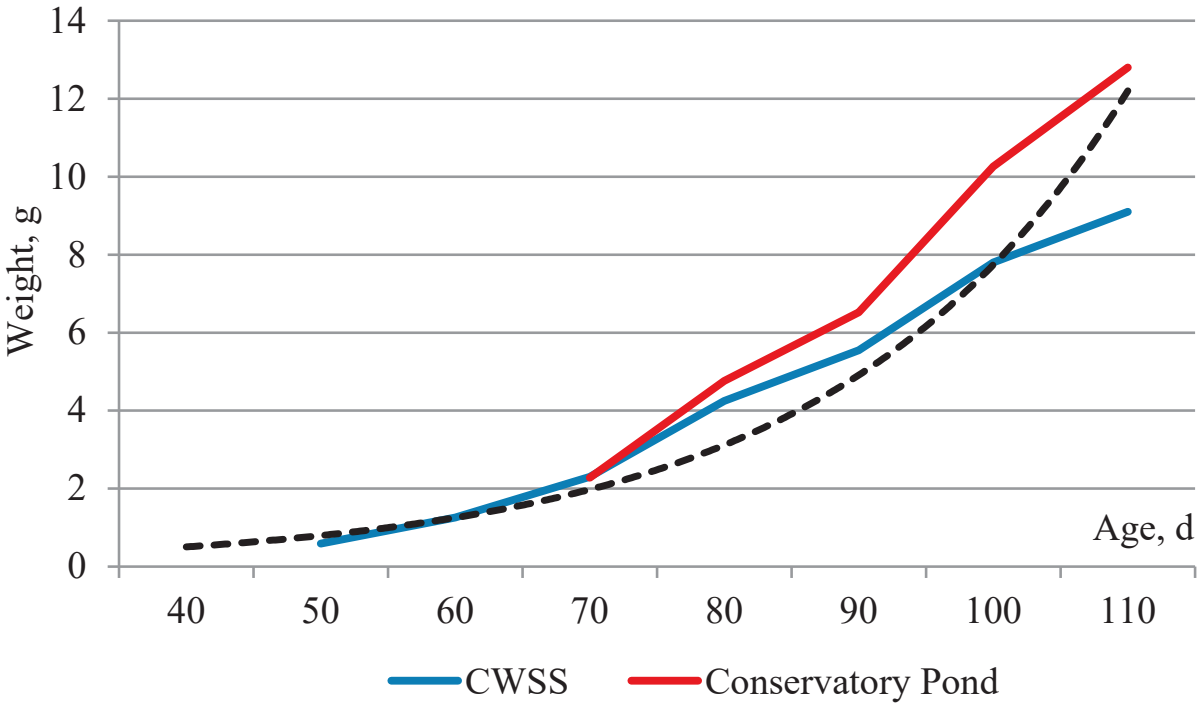

Fig. 2. Comparative growth/weight gain dynamics of the juvenile Australian crayfish in a CWSS and in a conservatory pond

Table 2

Results of commercial farming of the Australian crayfish in ponds in Astrakhan region in 2019

Indicators	Pond area, ha		
	0.2	0.8	0.3
Duration of rearing, d	90	86	90
Average initial weight of crayfish, g	0.4 ± 1.907	5.36 ± 0.13	9.4 ± 0.16
Placed for rearing, pcs. / kg	1500 / 0.6	3400 / 18.2	1300 / 12.2
Commercial crayfish caught, pcs. / kg	1320 / 75.0	2860 / 212.0	1155 / 128.5
Survival rate, %	88.0	84.1	88.9
Average final weight, g	56.84 ± 0.48	70.04 ± 9.34	111.0 ± 5.75
Average length of commercial crayfish, mm	121.14 ± 9.12	152.36 ± 3.58	169.73 ± 5.90
Weight gain (production of commercial crayfish), kg	74.4	193.8	116.3
Productivity, kg/ha	372.0	242.3	387.7

As for the other pond (with an area of 0.2 ha), the results there were significantly lower. Despite the fact that the total productivity of the pond was 372.0 kg/ha, this was only the productivity of crayfish, because there were practically no coarse fish in the pond (several dozen small fish weighing up to 20 g can be neglected), the average weight of commercial crayfish was 56.84 ± 0.48 g. The lowest productivity was noted in pond No. 2 (242.3 kg/ ha). It should be noted that in case of this pilot scale farming, there was no objective to obtain the highest possible productivity. Since we had a limited number of juvenile crayfish at our disposal, commercial rearing was planned mainly on the basis of the natural food supply of the ponds.

When using stocking material with an average weight of crayfish of 9.4 ± 0.16 g, among commercial crayfish, the relative amount of so-called "substandard products," to which we classified crayfish with an individual body weight of less than 40.0 g, was about 2 %. It was an insignificant value that could be neglected if we were talking about purely production results (Fig. 3). At the same time, the relative number of crayfish weighing 100.1 g and above was 53 %. This can represent a significant commercial benefit, because large crayfish is already a product of a different price category. Thus, the already mentioned enterprise Eko-Tropik LLC sold large crayfish at a price twice as high as crayfish weighing from 40.1 to 70.0 g.

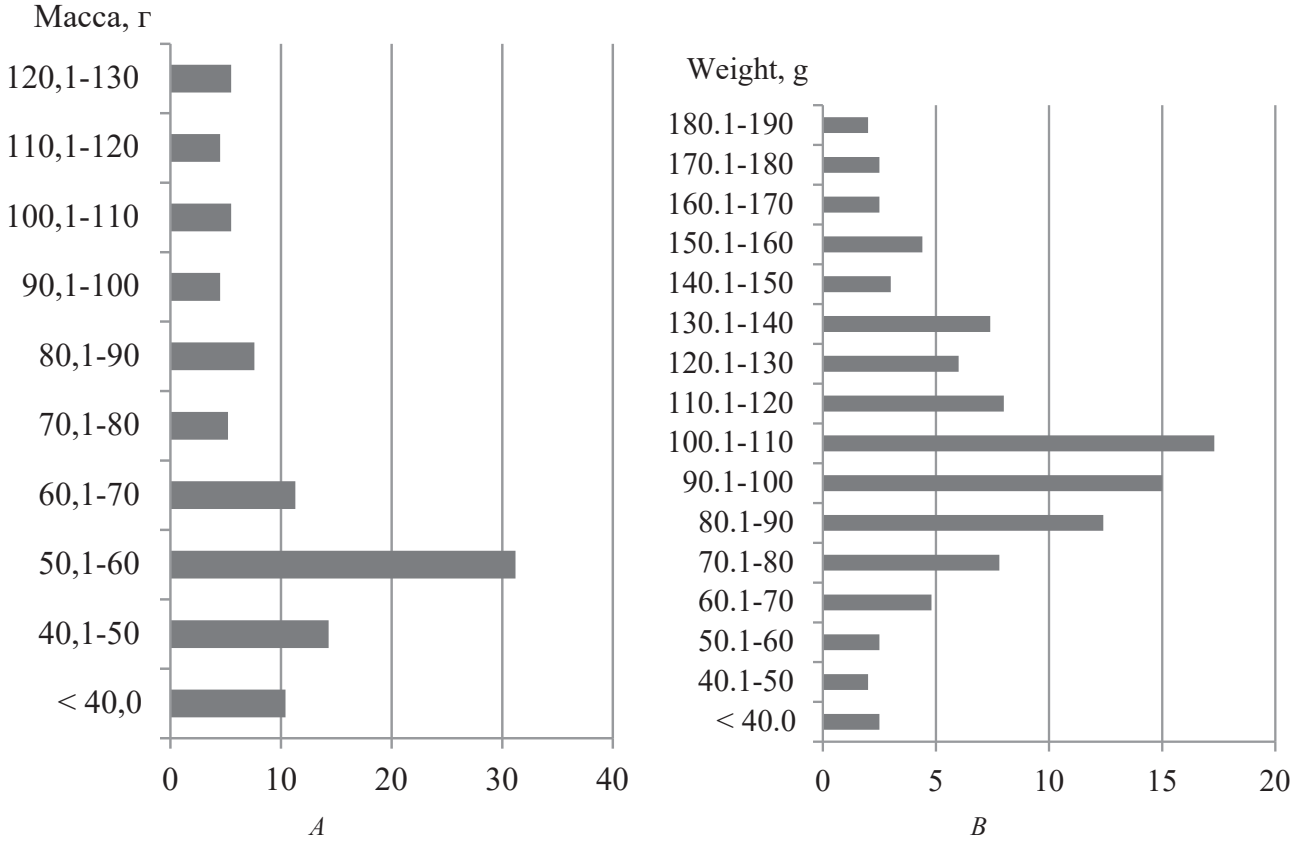

Fig. 3. Qualitative composition of commercial crayfish, %:

A — ratio of weight groups of commercial crayfish when using juveniles weighing of 5.36 ± 0.13 g; *B* — ratio of weight groups of commercial crayfish when using juveniles weighing 9.4 ± 0.16 g

Among commercial crayfish reared from juveniles with an average weight of 5.36 ± 0.13 g, the share of "substandard" products was slightly more than 10 %. The bulk were crayfish weighing from 50.1 to 70.0 g (42.5 %).

The production cycle for rearing tropical crustaceans lasts one year and includes the following technological stages.

— Procurement of brood crayfish during fishing commercial products off (September).

— Keeping the brood crayfish in a CWSS in controlled warm conditions and preparing them for spawning (September — January).

— Spawning of brood crayfish (February — May).

— Stocking and retention of juveniles, rearing in tanks (February — May).

— Rearing juveniles in conservatory ponds (April — May).

— Rearing commercial crayfish in finishing/forage ponds (June — September).

— Fishing of ponds and processing of commercial products (September).

— Procurement of brood fish (September).

The duration of the time period, which is a winter keeping and spawning of brood fish and stocking and rearing of juveniles, is over eight months, while the rearing of juveniles lasts up to 3—3.5 months, depending on the timing of spawning of brood fish. We believe that the most "problematic" stage is the stocking and rearing of juveniles intended for further commercial rearing.

The basic requirements for equipment and fish farming and biological indicators required for the production of 10 tons of commercial crayfish per year are presented in Table 3.

Table 3

Main technological indicators of 10 tons of commercial crayfish

Annual production volume of commercial crayfish, kg	10 000
Number of commercial crayfish, ths. pcs.	180
Survival rate of crayfish when fattened in a pond	80 %
Number of juvenile crayfish placed for fattening, ths. pcs.	200
Number of early juveniles produced by females from January to May, ths. pcs.	350
Survival rate of juveniles when reared in a CWSS	60 %
Working fertility of females, pcs.	400
Reproduction multiplicity per season	2
Number of females per incubation campaign, pcs.	450
Number of males per incubation campaign, pcs.	200
Number of brood fish for 1 season (including 100 % reserve), pcs.	1300
Area of CWSS tanks for keeping producers, m^2	80
Average stocking density of juveniles in a CWSS, pcs./m^2	300
Total working area of water for juvenile CWSS, m^2	670
Total area occupied directly by the tanks, m^2	250
Total area for CWSS placement, m^2	400

The main problem at the stage of stocking of juveniles is survival, which, according to our data, does not exceed 70 % within 60 days, and often no more than 40—45 %. In this article, we do not dwell on the analysis of the reasons for the relatively low survival rate of juvenile crayfish in a CWSS, however, we note that we previously concluded that "with a high concentration of crayfish per unit area of the bottom of a fish tank, it is impossible to ensure high survival rate during long-term keeping even with a manifold increase in the number of shelters" [13]. The importance of stocking density for efficient rearing was reported in a study by J. Naranjo-Páramo et al. [14]. Therefore, it is possible to increase the survival rate of juveniles and, consequently, the profitability of production, in two ways: to reduce the density of juvenile stocking for rearing in a CWSS, or to minimize this time, thus, reducing waste due to cannibalism.

Taking into account the difficulties that arise when intensifying the rearing of the juvenile Australian crayfish, a number of researchers see a real opportunity to increase survival by increasing the surface area of the reservoir available for juvenile crayfish [15]. It is clear that the reduction in stocking density is limited by the capabilities of the winter keeping area, where the stocking of juveniles will occur. As can be seen from Table 3, for the production of 10 tons of commercial crayfish, a room with an area of about 400 m^2 is required. To obtain a larger quantity of final products, an increase in the area of both CWSS and the area for their placement will be required, which is associated with a multiple increase in financial costs. Increasing the stocking density of juveniles and simultaneously reducing the duration of rearing also has negative consequences. Firstly, reducing the weight of crayfish intended for commercial rearing before stocking into a finishing/fattening pond affects the final weight of commercial crayfish, as was shown above. If the overall productivity is not likely to decrease, then the average individual weight of commercial crayfish turned out to

be significantly less, compared to what was achieved when using stocking material with sufficient weight. Reducing the commodity mass directly affects the final price of the product.

The introduction into the technological cycle of such a stage as the preliminary stocking of crayfish juveniles in so-called conservatory ponds can help to at least partially overcome these difficulties.

We formulated the requirements for such structures in the corresponding publication [16]. The most important of them are the following.

— The design of the pond should prevent water filtration through the pond bed.

— The design and location of the pond on the ground should ensure maximum heating of the structure by solar heat, the water temperature during the period of use should not fall below +22 °C.

— The design of the pond must ensure that the water temperature is maintained no higher than +32 °C, for example, due to water exchange.

A general view of one of these conservatory ponds, which was used for its intended purpose, is shown in Fig. 1.

When performing this work, we used a low stocking density of crayfish in a conservatory pond. Obviously, the potential of such a pond is much higher when measures to intensify this stage are applied [17].

The economic efficacy and feasibility of rearing large commercial crayfish depends on several factors: market demand, the cost of rearing large crayfish and possible risks associated with weather conditions, crayfish diseases. Other external factors that may affect productivity and profitability should also be assessed.

The results of experimental commercial rearing of the Australian crayfish showed the efficacy of using conservatory ponds for stocking material. Testing the fish breeding qualities of the juvenile Australian crayfish reared in a conservatory pond demonstrated a significant advantage over control groups in terms of final commercial weight when reared under the same (similar) conditions.

CONCLUSION

Preliminary rearing of juveniles in a conservatory pond makes it possible to obtain juveniles with higher size and weight standards, compared to rearing and stocking in a CWSS. It was shown that when rearing from large juveniles obtained in a conservatory pond, the average weight of commercial crayfish was 111.0 ± 5.75 g, whereas when using stocking material with an average individual weight of less than 1.0 g, adult commercial specimens reached an average weight of only 56.84 ± 0.48 g.

REFERENCES

1. *Ghanawi J. Molting,* Reproductive biology, and hatchery management of redclaw crayfish Cherax quadricarinatus (von Martens 1868) / J. Ghanawi, I. P. Saoud // Aquaculture, 2012, V. 358—359. — P. 183—195.

2. *Saoud I. P.* A review of the culture and diseases of redclaw crayfish Cherax quadricarinatus (von Martens 1868)/ I. P. Saoud, J. Ghanawi, K. R. Thompson, C. D. Webster // J. World Aquac. Soc., 2013, V. 44. — P. 1—29.

3. *Ulyanova A. S.* On the introduction of tropical species into aquaculture in the southern regions of Russia / A. S. Ulyanova, V. N. Kryuchkov, A. I. Khoroshko, A. V. Kryuchkov // Fundamental and applied research of universities, integration into the regional innovation complex: reports of young scientists within the framework of the U.M.N.I.K. program / Astrakhan State Tech. University. — Astrakhan: ASTU Publishing House, 2010. — V.2. — P. 138—141.

4. *Zvolinskiy V. P.* Study of the adaptive potential of the Australian crayfish Cherax quadricarinatus, reared in Astrakhan region / V. P. Zvolinskiy, V. F. Zaytsev, V. N. Kryuchkov, I. V. Volkova, N. I. Matveeva, G. E. Isambekova // Ecological aspects of environmental management of the Northern Caspian region / Collection of scientific articles. — Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2017. — P. 349—393.

5. *Oddsson G.* A definition of aquaculture intensity based on production functions — the aquaculture production intensity scale (APIS) // Water, 2020, 12 (3). — 765.

6. *Hoseini S. M.* Effects of dietary tryptophan levels and fish stocking density on immunological and antioxidant responses and bactericidal activity against Aeromonas hydrophila in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) / S. M. Hoseini, A. Taheri Mirghaed, M. Ghelichpour // Aquacult. Res., 2020, 51. — P. 1455—1463.

7. *Mohammady E. Y.* Response of Nile tilapia under biofloc system to floating or sinking feed and feeding rates: water quality, plankton community, growth, intestinal enzymes, serum biochemical and antioxidant status / E. Y. Mohammady, M. R. Soaudy, M. M. Ali, M. A. El-ashry, M.S.A. El-Karim, S. Jarmołowicz, M. S. Hassaan // Aquacult. Rep., 2023, V. 29. — 101489.

8. *Refaey M. M.* Fresh azolla, Azolla pinnata as a complementary feed for Oreochromis niloticus: Growth, digestive enzymes, intestinal morphology, physiological responses, and flesh quality / M. M. Refaey, A. I. Mehrim, O. A. Zenhom, H. A. Areda, J. A. Ragaza, M. S. Hassaan // Aquac. Nutr. 2023. — 1403704.

9. *Sadchikov A. P.* Methods for studying freshwater phytoplankton. — M.: Universitet i shkola (University and School), 2003. — 157 p.

10. *Fedorov V. D.* Practical hydrobiology / V. D. Fedorov, V. V. Ilyinskiy, V. F. Isakova — M.: Publishing house "PIM", 2006. — 376 p.

11. *Glanz S.* Medical and biological statistics. — M.: Praktika, 1998. — 459 p.

12. *Lakin G. F.* Biometrics. — M.: Vysshaya shkola (Higher School), 1990. — 352 p.

13. *Tomokala B. P.* Determination of the optimal stocking density of the juvenile Australian crayfish in a CWSS / B. P. Tomokala, V. N. Kryuchkov // The 65th International Scientific Conference of Astrakhan State Technical University, Astrakhan, April 26—30, 2021: material / Astrakhan State Technical University. — Astrakhan: ASTU Publishing House, 2021. — 1 CD-ROM. — P. 294—296.

14. *Naranjo-Páramo, J.* Effect of stocking density on growth, survival and yield of juvenile redclaw crayfish Cherax quadricarinatus (Decapoda: Parastacidae) in gravel-lined commercial nursery ponds/ J. Naranjo-Páramo, A. Hernandez-Llamas, H. Villarreal // Aquaculture, Volume 242, Issues 1—4, 2004. — P. 197—206.

15. *Parnes S.* Intensification of redclaw crayfish Cherax quadricarinatus culture: I. Hatchery and nursery system / S. Parnes, A. Sagi // Aquacultural Engineering, Volume 26, Issue 4, 2002. — P. 251—262.

16. *Egorova V. I.* Development of phyto- and zooplankton in conservatory ponds intended for the rearing of tropical Decapoda / V. I. Egorova, V. N. Kryuchkov, I. V. Volkova, B. P. Tomokala // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khozyaystvo (Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Fish Farming) / V. 2023, No. 2. — P. 7—13.

17. *Naranjo-Páramo, J.* Aeration level in HDPE-lined nursery ponds that optimizes yield and production cost of preadult redclaw crayfish, Cherax quadricarinatus / J. Naranjo-Páramo, L. R. Martínez-Córdova, M. Vargas-Mendieta, H. Villarreal // Aquacultural Engineering, Volume 96, 2022. — 102221.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

V. I. Egorova — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
I. V. Volkova — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor;
B. P. Tomokalo — Postgraduate Student;
V. N. Kryuchkov — Doctor of Biological Sciences, Professor.

The article was submitted 02.04.2024.