

УДК 639.519:574.24

ИНВЕРСИЯ ПОЛА АВСТРАЛИЙСКОГО РАКА ЗА СЧЕТ СМЕЩЕНИЯ ОТ ВИДОВОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ОПТИМУМА

Виктор Николаевич Крючков, доктор биологических наук, профессор, Астраханский государственный технический университет, Российская Федерация, 414025, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, kvn394@rambler.ru

Ирина Викторовна Мельник, кандидат биологических наук, доцент, Астраханский государственный технический университет, Российская Федерация, 414025, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, irina_1melnik@mail.ru

Екатерина Геннадьевна Васильева, кандидат биологических наук, доцент, Астраханский государственный технический университет, Российская Федерация, 414025, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, katerina.84@mail.ru

Проведены исследования, направленные на улучшение технологии выращивания пресноводных ракообразных. Эксперименты по оценке изменения скорости роста в зависимости от пола австралийских раков (*Cherax quadricarinatus*) выявили общую тенденцию увеличения исследуемых ростовых показателей самцов относительно самок. Это доказывает перспективу использования однополых популяций при культивировании вида. Также в ходе исследований показана возможность транссексуализации особей корректировкой температурного режима. Максимальное количество самцов отмечено в группах, где температурный режим отличен от оптимального в сторону уменьшения или увеличения.

Ключевые слова: аквакультура, ракообразные, инверсия пола, температурная коррекция, скорость роста, однополая популяция

INVERSION SEX AUSTRALIAN CANCER DUE TO THE SHIFT ON THE TYPES OF TEMPERATURE OPTIMUM

Kryuchkov Viktor N., D.Sc. (Biology), Professor, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishcheva Str., Astrakhan, 414025, Russian Federation, kvn394@rambler.ru

Melnik Irina V., Ph.D. (Biology), Associate Professor, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishcheva Str., Astrakhan, 414025, Russian Federation, irina_1melnik@mail.ru

Vasileva Ekaterina G., Ph.D. (Biology), Associate Professor, Astrakhan State Technical University, 16 Tatishcheva Str., Astrakhan, 414025, Russian Federation, katerina.84@mail.ru

The polls were conducted to identify improving the cultivation technology of freshwater crustaceans. The experiments have been aimed at assess of changes in the rate of growth in dependence on gender of Australian crayfish (*Cherax quadricarinatus*). It identified overall tendency of increasing the analysed growth indicators of males relative to females. This proves the prospect of using same-sex populations of species under cultivation. In the course of research also was shown the possibility of individuals transsexualism adjusted with the temperature regime. The maximum number of males observed in groups where the temperature regime is different from optimal in the decrease or increase.

Keywords: aquaculture, crustaceans, sex inversion, temperature correction, growth rate, monosex population

Экономическая эффективность предприятий аквакультуры во многом зависит от правильной организации производственного процесса, подбора персонала, технического обеспечения, качества посадочного материала. Но даже сочетание всех благоприятных условий могут не привести к желаемому результату в случае, если неверно подобраны параметры, позволяющие реализовать все потенции роста объектов культивирования. Одними из популярных объектов тепловодной аквакультуры яв-

ляются десятиногие ракообразные [8]. По данным ФАО, доля ракообразных в мировой продукции аквакультуры составляет 9,6 % – 5,7 млн т, из них 0,7 млн т приходится на пресноводных ракообразных [6].

Скорость роста десятиногих ракообразных при культивировании в искусственных условиях зависит от многих факторов, таких как плотность посадки, концентрация растворенного кислорода, рацион, температура воды, фотопериод, стадия развития, пол и т.д. [8]. Проводятся многочисленные исследования по подбору и обоснованию оптимальных условий содержания ракообразных. Существуют также данные об экономической эффективности выращивания однополых самцовой популяции этих объектов [8; 10]. Урожайность культур при этом увеличивается из-за большей скорости роста самцов по отношению к самкам. На различных хозяйствах прорабатывается несколько методов получения однополых культур ракообразных, но выбор способа остается актуальным вопросом на современном этапе развития технологии культивирования десятиногих.

Целью наших исследований являлось обоснование и отработка технологических способов достижения максимальных размерно-весовых показателей культивирования десятиногих ракообразных.

Материалы и методы исследований

В качестве объекта исследования использовалась молодь австралийского рака (*Cherax quadricarinatus*), обладающего высоким темпом роста и способностью достигать половой зрелости в возрасте 6–12 месяцев при массе тела 110–120 г [9]. Исследования проводились по следующим направлениям.

1. *Оценка изменения скорости роста в зависимости от пола ракообразных.* В аквариумы объемом 20 л помещали по 50 особей каждого пола в возрасте 20 сут. Выращивание осуществлялось в течение 100 дней. Условия содержания объектов соответствовали рекомендациям М. Garcia-Guerrero, Н. Villarreal, I.S. Racotta (2003) [9]. Опыты проводились в двух повторностях. Каждые семь дней по результатам контрольных взвешиваний определялась средняя скорость роста (Δt) [3] по следующей формуле (1):

$$\Delta t = \Delta w / (t_2 - t_1) \quad (1)$$

где Δw – изменение массы; t_1 – начальное время; t_2 – конечное время.

2. *Транссексуализация особей обоих полов коррективкой температурного режима.* Опытных особей разделили на три группы в зависимости от температуры инкубации икры и содержания потомства:

1 группа: температура инкубации – 24 ± 1 °С, температура содержания рачат – 27 ± 1 и 30 ± 1 °С;

2 группа: одинаковая температура инкубации и содержания (27 ± 1 °С);

3 группа: температура инкубации – 30 ± 1 °С, содержания – 27 ± 1 и 30 ± 1 °С.

Выращивание рачат осуществлялось в течение 60 дней.

Результаты исследований и их обсуждение

1. Результаты исследований ростовых способностей молоди австралийского рака показали, что в оптимальных температурных условиях у обоих полов наблюдался последовательный рост на протяжении всего периода наблюдения (рис. 1). Однако уже начиная с первых суток четко прослеживалась общая тенденция увеличения исследуемых показателей самцов относительно самок. К концу наблюдений вес самцов превосходил таковой у самок практически в 1,5 раза.

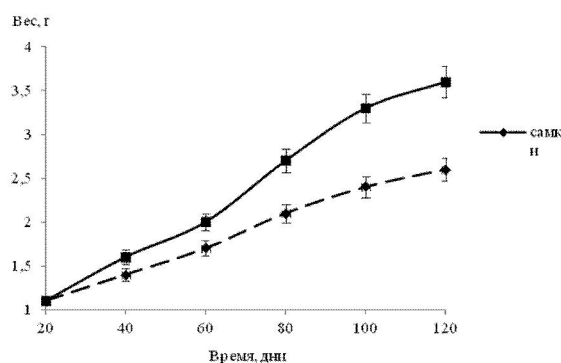


Рис. 1. Изменение веса самок и самцов *C. quadricarinatus*

На рисунке 2 представлена динамика скоростей роста раков за период наблюдений.

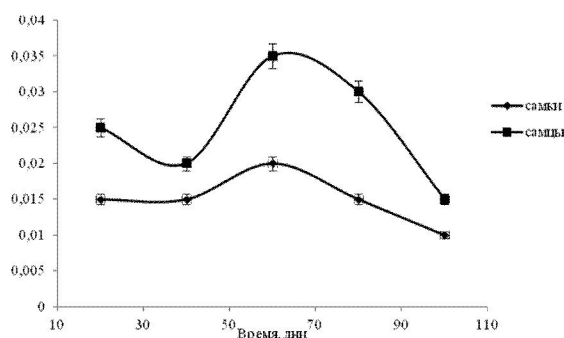


Рис. 2. Скорость роста самок и самцов *C. quadricarinatus*

2. От температуры в значительной степени зависит интенсивность обмена веществ, темп развития гидробионтов. В пределах определенной амплитуды температур часто наблюдается прямая зависимость скорости развития от изменения данного показателя [2].

Температура – важный абиотический фактор, который влияет на многие физиолого-биохимические аспекты ракообразных, в том числе на рост и размножение. Недавнее исследование влияния температуры на половую дифференцировку показывает возможность манипулировать данным процессом на ранних стадиях развития особей [10; 12].

Ранее проводимые опыты по коррекции полового состава при помощи температуры не учитывали температурного режима содержания самок. На наш взгляд условия в период инкубации также могут повлиять на дальнейшую половую дифференциацию. Результаты нашего эксперимента приведены в таблице.

Таблица

Отношение полов австралийских раков при разных температурах					
Пол	Опытная группа*				
	I	II	III	IV	V
Самцы, %	53,0	49,2	52,0	46,0	47,2
Самки, %	38,6	49,0	40,0	49,0	51,0
Гермафродиты, %	8,4	1,8	8,0	5,0	1,8

Примечание: *I – инкубация 30 ± 1 °C, содержание рачат 30 ± 1 °C; II – инкубация 30 ± 1 °C, содержание рачат 27 ± 1 °C; III – инкубация 24 ± 1 °C, содержание рачат 24 ± 1 °C; IV – инкубация 24 ± 1 °C, содержание рачат 27 ± 1 °C; V – инкубация 27 ± 1 °C, содержание рачат – 27 ± 1 °C.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что повышенное содержание самцов отмечено в группах I и III, в которых температурный режим отличен от оптимального в сторону уменьшения или увеличения. Практически одинаковое количество самок и самцов было отмечено во второй группе. И, наконец, максимальное количество самок было получено в V группе, где условия инкубации и содержания были оптимальными для данного вида. Полностью получить однополую популяцию с помощью температурной коррекции не удается.

Особо следует отметить тот факт, что изменение соотношения полов происходит за счет смещения от видового температурного оптимума. Данное обстоятельство согласуется с результатами исследований И.А. Аршавского [1], согласно которым отклонения факторов в оптимальных диапазонах вызывают положительный, или физиологический, стресс, требующий от организма дополнительной работы, которая приводит к перестройке метаболизма и за счет гиперкомпенсации энергетических затрат смещает его в сторону анаболизма. Это, в свою очередь, ведет к увеличению массонакопления, минимизации энергозатрат.

В естественных водоемах наблюдается градиентность по ряду абиотических факторов среды, в первую очередь, температуры, как по вертикали, так и по горизонтали [4]. Вероятно, в природных условиях температурное разнообразие, необходимое для рыб, обеспечивается ими самими в результате самопроизвольного перемещения в термоградиентном пространстве [5].

Исследования по влиянию температуры на рост и выживаемость ракообразных, проведенные Marcelo García-Guerrero et al. [11], показали наибольшее увеличение веса и общей биомассы при 28 °C (независимо от пола), значения показателей при 25 и 31 °C отличались почти в два раза. В наших экспериментах также отмечено, что показатели экспериментальных групп, содержащихся при более высокой и низкой температурах инкубации, были заметно меньше. К примеру, в возрасте 10 дней самыми развитыми были рачата, которые росли при 27 °C (длина тела – $5,58 \pm 0,13$ мм, масса – $0,092 \pm 0,003$ г). Средняя масса особей «высокотемпературной группы инкубации» колебалась от $0,058 \pm 0,001$ до $0,061 \pm 0,001$ г, у «низкотемпературной группы» – от $0,068 \pm 0,004$ до $0,071 \pm 0,002$ г ($P < 0,001$).

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Максимальные показатели весового роста молоди австралийского рака для особей обоих полов наблюдаются на 60-ые сутки выращивания, при этом его величины у самцов практически в два раза больше, чем у самок.

2. В результате инверсии пола корректировкой температурного режима повышенное содержание самцов отмечено в опытных группах, где температурный режим отличен от оптимального в сторону уменьшения или увеличения. Максимальное количество самок было получено в группе, где условия инкубации и содержания были оптимальными для данного вида.

Список литературы

1. *Аршавский И. А.* Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития / И. А. Аршавский. – Москва : Наука, 1982. – 276 с.
2. *Винберг Г. Г.* Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб / Г. Г. Винберг. – Минск : Белорусский ун-т, 1956. – 253 с.
3. *Вундцеттель М. Ф.* Общая гидробиология / М. Ф. Вундцеттель. – Астрахань : Астраханский гос. тех. ун-т, 2003. – 156 с.
4. *Константинов А. С.* Влияние колебаний температуры на рост, энергетику и физиологическое состояние молоди рыб / А. С. Константинов // Известия Академии наук. Сер. биологическая. – 1993. – № 1. – С. 55–63.
5. *Мартынова В. В.* Влияние колебаний солености на рост, энергетику и рыболовные качества молоди рыб : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. В. Мартынова. – Москва, 2003. – 24 с.

6. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры в 2012 году : отчет ФАО. – Рим : Департамент рыболовства и аквакультуры ФАО, Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций, 2012. – 237 с.
7. **Carreño-León D.** Growth, metabolic and physiological response of juvenile *Cherax quadricarinatus* fed different available nutritional Substrates / D. Carreño-León, I. Racotta-Dimitrov, R. Casillas-Hernández, A. Monge-Quevedo, L. Ocampo-Victoria, J. Naranjo-Páramo, H. Villarreal // *Aquaculture research & development*. – 2014. – № 5, issue 2. – 7 p.
8. **Eli D. Aflalo.** Toward a sustainable production of genetically improved all-male prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): Evaluation of production traits and obtaining neo-females in three Indian strains / Eli D. Aflalo, Dandu V. S. N. Raju, Naidu A. Bommi, Johny T. Verghese, Thampi Y.C. Samraj, Gideon Hulata, Ofer Ovadia, Amir Sagi // *Aquaculture*. – 2012. – Vol. 338–341. – P. 197–207.
9. **Garcia-Guerrero M.** Effect of temperature on lipids, proteins, and carbohydrates levels during development from egg extrusion to juvenile stage of *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) / M. Garcia-Guerrero, H. Villarreal, I.S. Racotta // *Comp biochem physiol a mol integr physiol*. – 2003. – № 135 (1). – P. 47–54.
10. **Sanchez De Bock M.** 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 / M. Sanchez De Bock, L. Susana Lopez Greco // *Aquaculture International Journal of the European aquaculture society*. – 2010. – № 18. – P. 231–243.
11. **Garcha-Guerrero M.** Effect of temperature on weight increase, survival, and thermal preference of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* / M. Garcha-Guerrero, P. Hemendez-Sandoval, J. Orduca-Rojas, E. Cortes-Jacinto // *Hidrobiológica*. – 2013. – № 23 (1). – P. 73–81.
12. **Vazquez F. J.** Effect of temperature on sexual differentiation in juveniles of the freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Astacida, Parastacidae) / F. J. Vazquez, A. Chaulet, A. Bugnot, L. S. Lopez Greco // *Proceedings of the III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. – 2004. – P. 255–259.

References

1. Arshavskiy I. A. *Fiziologicheskie mehanizmy i zakonomernosti individualnogo razvitiya* [Physiological mechanisms and patterns of individual development]. Moscow, Nauka Publ., 1982, 276 p.
2. Vinberg G. G. *Intensivnost obmena i pishchevye potrebnosti ryb* [The intensity of metabolism and nutritional needs of fish]. Minsk, Belarus State University, 1956, 253 p.
3. Vundtsettel M. F. *Obshchaya gidrobiologiya* [General hydrobiology]. Astrakhan, Astrakhan State Technical University Publ., 2003, 156 p.
4. Konstantinov A. S. Vliyaniye kolebaniy temperatury na rost, energetiku i fiziologicheskoe sostoyaniye molodi ryb [The influence of temperature on the growth, energy and the physiological condition of the young fish]. *Izvestiya Akademii nauk. Seriya "Biologicheskaya"* [Proceedings of the Academy of sciences. Series "Biology"], 1993, no. 1, pp. 55–63.
5. Martynova V. V. Vliyaniye kolebaniy solenosti na rost, energetiku i rybovodnye kachestva molodi ryb: Abstract of the Thesis of Ph.D. (Biology) [Influence of fluctuations of salinity on growth, energy and the quality of fish fry: Abstract of the Thesis of Ph.D. (Biology)]. Moscow, 2003, 24 p.
6. Report FAO "The State of World Fisheries and Aquaculture 2012". Rome, 2012, 237 p.
7. Carreno-Leon D., Racotta-Dimitrov I., Casillas-Hernandez R., Monge-Quevedo A., Ocampo-Victoria L., Naranjo-Paramo J., Villarreal H. Growth, metabolic and physiological response of juvenile *Cherax quadricarinatus* fed different available nutritional Substrates. *Aquaculture research & development*, 2014, no. 5, issue 2, 7 p.
8. Eli D. Aflalo, Dandu V. S. N. Raju, Naidu A. Bommi, Johny T. Verghese, Thampi Y. C. Samraj, Gideon Hulata, Ofer Ovadia, Amir Sagi. Toward a sustainable production of genetically improved all-male prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): Evaluation of production traits and obtaining neo-females in three Indian strains. *Aquaculture*, 2012, vol. 338–341, pp. 197–207.
9. Garcia-Guerrero M., Villarreal H., Racotta I. S. Effect of temperature on lipids, proteins, and carbohydrates levels during development from egg extrusion to juvenile stage of *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). *Comp biochem physiol a mol integr physiol*, 2003, no. 135 (1), pp. 47–54.
10. Sanchez De Bock M., Susana Lopez Greco L. 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. *Aquaculture International Journal of the European aquaculture society*, 2010, no. 18, pp. 231–243.

11. Garcha-Guerrero M., Hemendez-Sandoval P., Orduca-Rojas J., Cortes-Jacinto E. Effect of temperature on weight increase, survival, and thermal preference of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Hidrobiológica*, 2013, no. 23 (1), pp. 73–81.

12. Vazquez F. J., Chaulet A., Bugnot A., Lopez Greco L. S. Effect of temperature on sexual differentiation in juveniles of the freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Astacida, Parastacidae). Proceedings of the III Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, 2004, pp. 255–259.