

# МОРСКИЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, БИОТЕХНОЛОГИИ И АКВАКУЛЬТУРА

---

УДК 639.5

## ПОЛУЧЕНИЕ МАССОВОЙ ПРОДУКЦИИ *CALANIPEDA AQUAEDULCIS* (KRITSCH, 1873) И *ARCTODIAPTOMUS SALINUS* (DADAY, 1885) В НАКОПИТЕЛЬНОЙ КУЛЬТУРЕ

Л. О. Аганесова

Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, РФ,  
la7risa@gmail.com

В экспериментальных условиях определены суточные приросты биомассы и значения среднесуточной продукции копепод *Calanipeda aquaedulcis* и *Arctodiaptomus salinus* при моновидовом (40 л) и смешанном (600 л) культивировании. Выявлено более высокое значение среднесуточной продукции у *C. aquaedulcis*, чем у *A. salinus* при смешанном культивировании.

**Ключевые слова:** копеподы, *Calanipeda aquaedulcis*, *Arctodiaptomus salinus*, продукция, культивирование

Копеподы являются основными кормовыми организмами для личинок и планктоноядных взрослых рыб в естественных условиях [1] и перспективными объектами культивирования с целью их использования как наиболее оптимальных по качеству живых кормовых организмов для личинок ценных морских рыб, выращиваемых в марикультурных хозяйствах [2–5]. Широкий диапазон солёностной толерантности каляноидных копепод *Calanipeda aquaedulcis* (Kritsch, 1873) и *Arctodiaptomus salinus* (Daday, 1885) [6] предполагает возможность их использования в качестве ценных живых кормов для личинок многих видов рыб, включая камбалообразных, имеющих различные оптимумы солёности – от эстуарных до океанических. Среди других технологических преимуществ можно выделить то, что, в отличие от морских Calanoida (например, *Acartia* [7]), у этих видов отсутствует каннибализм (собственные яйца и ранние науплиальные стадии не выедаются взрослыми копеподами), вследствие чего науплиальные, копепоидные и взрослые стадии можно выращивать совместно. Оба вида копепод ранее отлавливали из естественных водоемов [3] или культивировали экстенсивно в неконтролируемых условиях мезокосмов в смешанной с другими видами зоопланктона поликультуре и применяли для кормления личинок различных видов кефалей и калкана [2] или для исследований по избирательности питания черноморского калкана [8], однако методики массового интенсивного культивирования копепод в строго контролируемых температурных и трофических условиях до сих пор находятся на стадиях разработки.

Цель данной работы – изучить рост культур *C. aquaedulcis* и *A. salinus* и определить суточные приросты их биомассы в объемах 40 и 600 л для разработки методов массового выращивания копепод с целью получения их массовой продукции для кормления личинок рыб.

**Материал и методы.** Эксперименты проводили на лабораторных культурах копепод *C. aquaedulcis* и *A. salinus*. В качестве культуральной среды для копепод использовали черноморскую воду ( $17,8 \pm 0,2$  ‰), прошедшую грубую очистку, отстаиванную,

затем механически очищенную последовательной фильтрацией через картриджные фильтры (с размером пор 10, 5 и 1 мкм) и стерилизованную с помощью ультрафиолета. Полную замену культуральной среды (суспензии микроводорослей в стерилизованной морской воде) в экспериментальных сосудах производили каждые 3 дня. Используются экспериментальные сосуды цилиндрической формы, объемом 40 л, и широкие бассейны, объемом 600 л, которые находились в условиях естественного и круглосуточного искусственного освещения. В объемах 40 л осуществляли моновидовое культивирование копепоид, в 600 л проводили эксперименты по выращиванию смешанной культуры двух видов – *C. aquaedulcis* и *A. salinus*. Эксперименты проводили при температуре  $21 \pm 1,5$  °С (в дальнейшем – 21 °С). В качестве корма использовали смесь микроводорослей: Prymnesiophyceae – *Isochrysis galbana* (Parke, 1949), Dinophyceae – *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) J. D. Dodge, 1975 (*C. aquaedulcis*); *I. galbana*, *P. cordatum*, Dinophyceae – *Prorocentrum micans* (Ehrenberg, 1834), (*A. salinus*); с добавлением Trebouxiophyceae – *Chlorella vulgaris* (Beyerinck (Beijerinck), 1890), концентрацию пищи поддерживали *ad libitum*. Используемые в экспериментах микроводоросли выращивали в накопительном режиме на стерилизованной черноморской воде, обогащенной средой Уолна [9], при температуре  $24 \pm 1,5$  °С. Круглосуточное освещение интенсивностью 5000 лк осуществляли с помощью люминесцентных ламп LD – 40. При кормлении копепоид использовали только микроводоросли из культур, находящихся в стадии экспоненциального роста, которые считаются более качественным кормом и могут избирательно потребляться зоопланктоном [10].

Каждые 2–3 дня проводили подсчет численности и динамики изменений стадий копепоид в массовых культурах в камере Богорова под бинокуляром при увеличении  $2 \times 8$  и  $4 \times 8$ . Для этого после тщательного перемешивания культуры из каждого экспериментального сосуда отбирали аликвоту 100 мл (в двух-трех повторностях). При определении биомассы в массовой культуре учитывали изменения как возрастной, так и размерной структуры копепоид, разделяя их на науплиусов, копепоидитов, самцов и самок.

Сухую биомассу копепоид рассчитывали, учитывая линейные размеры разных стадий развития особей, полученные отдельно для каждого температурного режима. Для копепоидитных и взрослых стадий использовали формулу [6]. Сырую биомассу науплиусов находили, приравнивая их форму к соответствующей геометрической фигуре – овалу, принимая плотность тела равной плотности воды [11, 12]. Соотношение сухой массы к сырой для науплиусов принималось равным 0,1, согласно [13, 14]. Определение продукции копепоид осуществлялось по уравнению П. Бойсен-Йенсен [15].

**Результаты и обсуждение.** В течение 15 сут суточный прирост сухой биомассы копепоид *C. aquaedulcis* в объеме 40 л составил  $0,32 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ , в то время как *A. salinus* –  $0,39 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ . На протяжении 18 сут. происходит рост биомассы *C. aquaedulcis* от 1,36 до  $6,53 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ , конечная биомасса копепоид в пять раз превышает начальную. Биомасса *A. salinus* за тот же период времени возрастает только втрое – от 2,43 до  $8,34 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ .

Для определения конкурентоспособности двух видов в одинаковых трофических и температурных условиях поставлен эксперимент по совместному росту популяций *C. aquaedulcis* и *A. salinus* в мезокосме. В смешанной пилотной культуре двух видов (в объеме 600 л) от исходного соотношения равной плотности копепоид *A. salinus* и *C. aquaedulcis* ( $154$  и  $152 \text{ экз} \cdot \text{л}^{-1}$  соответственно), но вдвое большей сухой биомассы первого вида ( $0,47$  и  $0,21 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$  соответственно), через 27 сут. получена одинаковая биомасса обоих видов ( $1,36$  и  $1,33 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$  соответственно). За счет более высокой скорости развития и более высокой скорости продуцирования яиц численность более мелко-

го вида копепод начинала преобладать над более крупным: конечная плотность *C. aquaedulcis* составила 930 экз·л<sup>-1</sup>, а *A. salinus* – 250 экз·л<sup>-1</sup>, а среднесуточный прирост биомассы *C. aquaedulcis* превышал таковой *A. salinus* (0,043 и 0,034 мг·л<sup>-1</sup> соответственно), тогда как суточный прирост общей биомассы двух видов составил 0,08 мг·л<sup>-1</sup>.

Значения среднесуточного коэффициента Р/В при питании копепод смесью микроводорослей (в объеме 40 л) составили 0,073 – для монокультур *C. aquaedulcis* и *A. salinus* (табл. 1). При смешанном культивировании отмечается более высокое значение среднесуточной продукции у *C. aquaedulcis* (0,043 мг·сут<sup>-1</sup>·л<sup>-1</sup>), чем у *A. salinus* (0,034 мг·сут<sup>-1</sup>·л<sup>-1</sup>).

Табл. 1 Значения среднесуточной продукции (Pt, мг·сут<sup>-1</sup>·л<sup>-1</sup>) и среднесуточной удельной продукции (коэффициент Р/В) (С.Л., 95 %) копепод *Calanipeda aquaedulcis* и *Arctodiaptomus salinus* при моновидовом (40 л) и смешанном (600 л) культивировании

Объем культивирования	Вид копепод	Pt, мг·сут <sup>-1</sup> ·л <sup>-1</sup>	Р/В
40 л	<i>C. aquaedulcis</i>	0,287 ± 0,02	0,073
	<i>A. salinus</i>	0,394 ± 0,01	0,073
600 л	<i>C. aquaedulcis</i>	0,043 ± 0,02	0,056
	<i>A. salinus</i>	0,034 ± 0,02	0,037
	Общая	0,077 ± 0,02	0,046

Ранее среднесуточный популяционный коэффициент Р/В был определен для *C. helgolandicus* – 0,22 [16], *Paracalanus parvus* – 0,22 [11, 12], *A. clausi* – 0,15 [17], в целом у Copepoda – 0,07–0,2 [15, 18] и 0,05–0,2 [11, 12]. Среднегодовой Р/В для *Calanus glacialis* – 6,5, *Pseudocalanus minutus* – 10,2, *Acartia longiremis* – 10,8 (среднесуточный Р/В в пересчете – 0,018; 0,028; 0,030 соответственно) [19].

Таким образом, прирост биомассы более мелких копепод *C. aquaedulcis* в монокультуре происходит почти вдвое быстрее, чем прирост более крупных *A. salinus* (в сходных трофических и температурных условиях). Наиболее высокие значения среднесуточного коэффициента Р/В, по нашим экспериментальным данным, при питании копепод смесью микроводорослей составили 0,073 – для *C. aquaedulcis* и *A. salinus* при 21 °С в объеме 40 л. Учитывая, что в целом для копепод Р/В колеблется от 0,05 до 0,2 [11, 12, 15], Р/В для *C. aquaedulcis* и *A. salinus* имеет более низкие значения по сравнению с другими видами каляноидных копепод. Суточный прирост биомассы копепод зависит от многочисленных факторов, таких как температура культивирования, количество и качество питания, скорость развития и продуцирования яиц. При оптимизации всех перечисленных факторов можно достичь максимального суточного прироста биомассы *C. aquaedulcis* и *A. salinus* в короткие сроки.

1. Poulet S. A., Williams R. Characteristics and properties of copepods affecting the recruitment of fish larvae // Bull. Plankton Soc. Japan. 1991. Special vol. P. 271–290.
2. Новоселова Н. В., Туркулова В. Н. К методике массового культивирования живых кормов в условиях низкой температуры для молоди ценных морских видов рыб // Тр. ЮгНИРО. 2008. Т. 46. С. 41–47.
3. Семик А. М. Веслоногий рачок-диаптомус (*Diaptomus salinus* E. Daday) – возможный объект массового культивирования // Живые корма для объектов мариккультуры: сб. науч. тр. / ВНИРО. – Москва, 1988. С. 98–102.
4. Marcus N. H. Calanoid copepods, resting eggs, and aquaculture // Copepods in aquaculture / Eds. C.-S. Lee, P. J. O'Bryen, N. H. Marcus; Oxford, 2005. P. 3–9.
5. Støttrup J. G., Richardson K., Kirkegaard E., Pihl N. J. The cultivation of *Acartia tonsa* Dana for use as a live food source for marine fish larvae // Aquaculture. 1986. Vol. 52, iss. 2. P. 87–96.

6. Svetlichny L., Khanaychenko A., Hubareva E., Aganesova L. Partitioning of respiratory energy and environmental tolerance in the copepods *Calanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* // Estuar. Coast. Shelf Sci. 2012. Vol. 114. P. 199–207.
7. Tiselius P., Hansen B., Jonsson P., Kjørboe T., Nielsen T. G., Piontkovski S., Saiz E. Can we use laboratory-reared copepods for experiments? A comparison of feeding behaviour and reproduction between a field and a laboratory population of *Acartia tonsa* // ICES. J. Mar. Sci. 1995. Vol. 52, iss 3–4. P. 369–376.
8. Khanaychenko A. N., Bityukova Y. E., Tkachenko N. K. Experiences in rearing endemic Black Sea turbot larvae // EAS Spec. Publ. 1994. Vol. 22. P. 349–358.
9. Coutteau P. Micro-Algae. // Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture / Eds. P. Lavens, P. Sorgeloos; Rome, 1996. 300 p. (FAO Fisheries Technical Paper: no. 361).
10. Петипа Т. С., Тен В. С. Исследование культур водорослей для изучения питания животных и выяснения взаимосвязи между процессами элиминации и продуцирования // Экологическая физиология морских планктонных водорослей (в условиях культур). – Киев, 1971. С. 168–177.
11. Сажина Л. И. Изучение роста и размножения пелагических копепод Черного моря в ИН-БЮМ НАН Украины // Экология моря. 1996. Вып. 45. С. 31–38.
12. Сажина Л. И. Размножение, рост, продукция морских веслоногих ракообразных. – Киев: Наук. думка, 1987. 156 с.
13. Callieri C., Pugnetti A., Manca M. Carbon partitioning in the food web of a high mountain lake: from bacteria to zooplankton // J. Limnol. 1999. Vol. 58, iss. 2. P. 144–151.
14. Dumont H. J., Velde Van de, Dumont S. The dry weight estimate of biomass in a selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the plankton, periphyton and benthos of continental waters // Oecologia. 1975. Vol. 19, iss. 1. P. 75–97.
15. Заика В. Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. – Киев: Наук. думка, 1983. 205 с.
16. Петипа Т. С. Трофодинамика копепод в морских планктонных сообществах. – Киев: Наук. думка, 1981. 245 с.
17. Грезе В. Н., Балдина Э. П. Динамика популяций и годовая продукция *Acartia clausi* Giesbr., *Centropages kroyeri* Giesbr. в неритической зоне Черного моря // Тр. Севастоп. биол. станции. 1964. Т. 17. С. 240–261.
18. Заика В. Е. Удельная продукция водных беспозвоночных. – Киев: Наук. думка, 1972. 143 с.
19. Примаков И. П., Бергер В. Я. Продукция планктонных ракообразных в Белом море // Биол. моря. 2007. Т. 33, № 5. С. 356–360.

**THE MASS-PRODUCTION RECEIPT  
OF *CALANIPEDA AQUAEDULCIS* (KRITSCH, 1873)  
AND *ARCTODIAPTOMUS SALINUS* (DADAY, 1885)  
IN ACCUMULATIVE CULTURE**

L. O. Aganesova

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, RF, la7risa@gmail.com

The daily gain of biomass and the average daily production values of the copepods *Calanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* at monospecific (40 l) and mixed (600 l) cultivation were determined in experimental conditions. A higher average daily production value of *C. aquaedulcis*, than *A. salinus* were fixed at mixed cultivation.

*Key words:* copepods, *Calanipeda aquaedulcis*, *Arctodiaptomus salinus*, production, cultivation