

해산 로티퍼 대량 배양 수조에서 관찰되는 코페포다의 혼재 양상

Observation of Co-Existing Copepods in the Marine Rotifer Mass Culture Tanks

정민민¹, 김효원¹, 허준욱², 김정³, 강경호^{4*}

Min-Min Jung¹, Hyowon Kim¹, Jun Wook Hur², Jung Kim³, Kyoung Ho Kang^{4*}

¹국립수산물과학원 제주수산연구소, 제주시 63610, 대한민국

²생물모니터링센터, 세종시 30121, 대한민국

³전남대학교 수산과학연구소, 여주시 59626, 대한민국

⁴전남대학교 수해양대학 양식학과, 여주시 59626 대한민국

¹National Fisheries Research and Development Institute, Jeju Fisheries Research Institute, Jeju-do, 63610, Republic of Korea

²Bio-Monitoring Center, Sejong-si 30121, Republic of Korea

³Institute of Fisheries and Science, Chonnam National University, Yeosu-si 59626, Republic of Korea

⁴Department of Aquaculture, Chonnam National University, Yeosu-si 59626, Republic of Korea

(Received 2 December 2017, Revised 14 December 2017, Accepted 14 December 2017)

Abstract Microorganisms are contained filtered sea water that is why we often observed co-existing copepod species in the large-scale rotifer culture tanks. In this study, we investigated about taxonomical study of co-existing copepods in *Brachionus* rotifer mass culture tanks of several sea-farming centers at Jeju-do and Pusan, Korea by microscope. Also, we counted number of copepods and density in 10 mL of cultured sea water and distinguished growing patterns and sex. As results, we can identified 4 species copepods, 2 species of *Tisbe*, 1 species of *Tigriopus* and 1 species of *Apocyclops*.

Keywords : *Apocyclops*, *Brachionus*, Co-existing organism, Copepod, Mass culture, Rotifer, *Tigriopus*, *Tisbe*

서 론

로티퍼는 해산어의 종묘 생산 과정에서 어린 자치어의 초기 먹이 생물로 널리 이용되는 동물 플랑크톤인데, 대량의 해산 부화 자어를 사육하기 위해서는 대량의 로티퍼가 계획적으로 공급되

어야 하므로 일반적으로 1 m³의 수조에서부터 100 m³ 이상의 배양 수조에서 대량 배양되고 있다. 이와 같이 로티퍼의 대량 배양은 대규모의 배양 수조에서 대량으로 이루어져야 하기 때문에 고온 고압 멸균 처리와 같은 실험실내에서 처리할 수 있는 방법으로 만들어진 배양용 해수는 양

* Corresponding author
Phone: +82-61-659-7165 Fax: +82-61-659-7169
E-mail: mobidic@chonnam.ac.kr

This is an open-access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

식 현장에서 이용하기에는 현실적인 제한 요인들이 있으므로, 바다에서 직접 양수되고 있는 대형의 옥외 고압 여과조나 또는 옥외 모래 여과조 등에서 1차적으로 어느 정도의 고형물들이 여과되어진 해수를 바로 로티퍼의 배양수로 공급하여 사용하게 되는데, 이와 같은 과정에서 로티퍼의 배양 수조에 사용되는 해수에는 여러 가지 다른 미소 생물들이 혼재되게 된다. 일반적으로 로티퍼의 배양 수조에서 가장 잘 관찰되는 혼재 생물로는 육안으로는 관찰이 어려운 해양 유래의 혼재 세균 [14]과 현미경이나 육안으로 관찰이 가능한 원생 동물의 섬모충류와 코페포다류가 있다 [7, 13]. 이와 같은 혼재 생물은 어류의 종묘 생산 과정에서 동물 먹이 생물로 이용되는 로티퍼의 배양 수조에서 뿐만 아니라 [5], 이때패류의 종묘 생산용 초기 치패 사육 수조나, 로티퍼나 패류 유생의 먹이로 이용되는 식물 먹이 생물 (*Nannochloropsis*)의 배양 수조에서도 빈번히 관찰된다고 하였다 [1, 12]. 따라서, 본 연구에서는 로티퍼 대량 배양 수조에서 자주 관찰되는 혼재 생물중 비교적 대형의 혼재 생물인 코페포다류의 생물학적 특징을 검토하기 위한 일환으로 먼저 혼재 생물로서 관찰되는 코페포다류의 혼재 양상에 관하여 조사하였다.

재료 및 방법

로티퍼 배양 수조에서 혼재하고 있는 코페포다의 양상은 대규모 해산 어류의 인공 종묘 생산 양식장에서 콘크리트 재질의 사각 수조나 원형 수조에서 행하여지고 있는 로티퍼 배양 수조에서 조사하였는데, 모든 조사 대상의 양식장에서 초기 동물 먹이 생물인 로티퍼의 생산을 위한 먹이로는 농축된 식물 플랑크톤을 공급하는 방식으로 이루어지고 있었으며, 조사 대상 수조의 크기는 보통 50 m³ 전후의 크기였고 배양을 위한 해수의 수량은 각 수조의 80% 전후였으며, 조사 대상 수조의 로티퍼 배양 환경은 수온 20~28℃의 범위에서 자연 해수(염분 농도 28-32)를 담수 처리와 같은 염분 조절 없이 그대로 이용하였으며, 배양용 해수는 특별한 여과 공정을 거치지 않고 대부

분 모래 여과 시스템을 통과시킨 후 사용하였다. 또한 위와 같은 로티퍼 배양 환경에서 코페포다의 혼재 양상 실험은 조사 대상 지역인 남해안과 제주 지역의 넘치와 조피볼락 및 돌돔의 인공 종묘 생산 시설을 대상으로 로티퍼의 배양수를 관찰하여 배양 과정 중에서 배양수 중에 혼재가 관찰되는 코페포다를 10 ml씩 계수하여 분리한 후, 해부 현미경하에서 관찰 하였으며, 동일종임을 확인하기 위하여 암수가 교미중인 개체를 대상으로 하였다. 한편, 동일 시료를 대상으로 그때의 로티퍼의 배양 밀도를 파악하기 위하여 개체수를 파악하였으며, 조사한 모든 결과의 자료 값 (mean±SD) 사이의 유의차 유무는 SAS 통계 패키지(ver.9.1)에 의한 One-way ANOVA test를 실시하여 최소 유의차 검정을 실시하였다.

결 과

로티퍼 배양 수조에서 코페포다의 혼재 밀도는 Fig. 1에서 보는 것과 같이 혼재 생물로서 관찰된 코페포다류의 총 개체수가 124.7±22.8(mean±SD) 개체/10 ml로 매우 높은 밀도로 혼재되고 있는 것을 알 수 있었다. 이때 먹이 생물로 이용하기 위하여 배양중인 로티퍼의 배양 밀도는 429±46.2(mean±SD) 개체/10 ml로, 1 ml의 배양 밀도로 환산하면 1 ml당 50개체도 안 되는 매우 낮은 밀도였다(Fig. 1). 또한 동일한 로티퍼 배양 수조에서 관찰한 결과, 2종 이상의 코페포다류가 복합적으로 배양 수조 내에 혼재되어 있는 것이 관

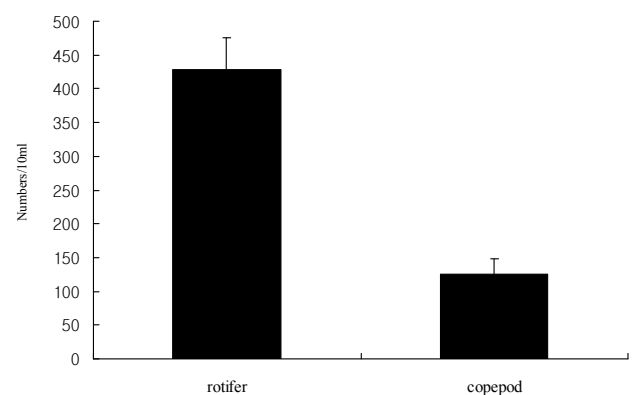


Figure 1. The numbers of rotifer and co-existing copepod in the rotifer mass culture tank.

찰되었는데, 이들 혼재 코페포다류의 발생 단계별 개체 수는 노플리우스 단계의 개체가 14.7±3.3(mean±SD), 개체/10 ml이고, 코페포다 단계의 개체가 106.7±25.5(mean±SD) 개체/10 ml이며, 난낭

을 포란 중인 암컷 개체는 3.3±0.47(mean±SD) 개체/10 ml로 각 발생 단계별로 비교한 결과, 노플리우스나 포란 암컷이 차지하는 비율 보다는 코페포다의 개체 수가 차지하는 비율이 높음을 알 수 있었다(Fig. 2).

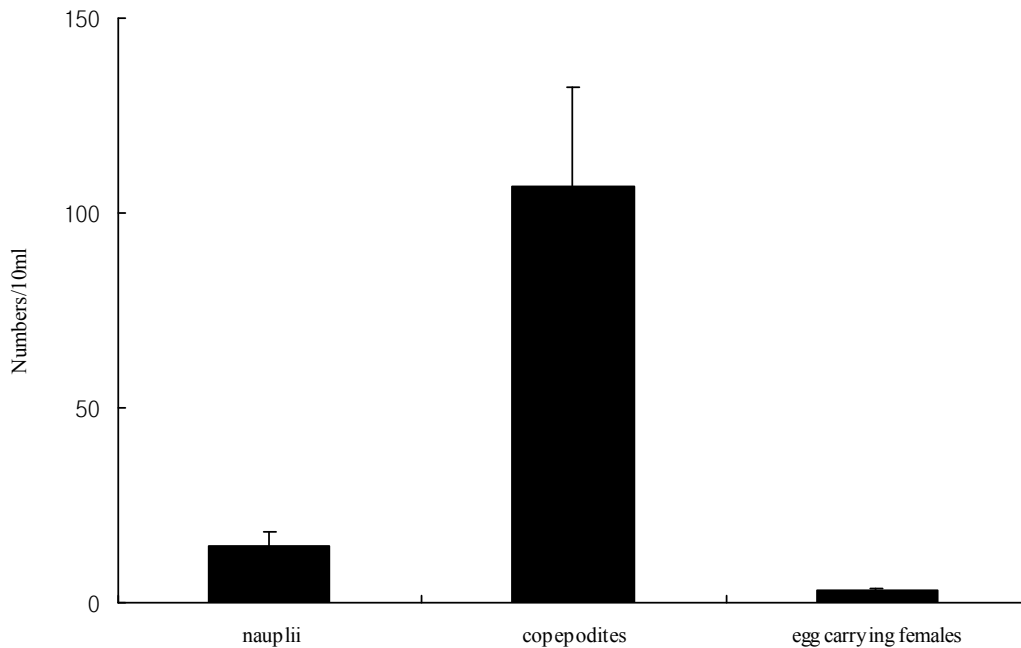


Figure 2. The numbers of co-existing copepods on the each developmental stages.

로티퍼 배양 수조에서 주로 관찰되는 혼재 코페포다는 주로 harpacticoida와 cyclopoida가 관찰되었는데, 2종의 *Tisbe* sp.와 1종의 *Tigriopus* sp.가

자주 관찰되었으며, 일부 지역에서는 cyclopoida의 *Apocyclops* sp.가 로티퍼의 대량 배양 수조에서 혼재 생물로 관찰되었다(Fig. 3).

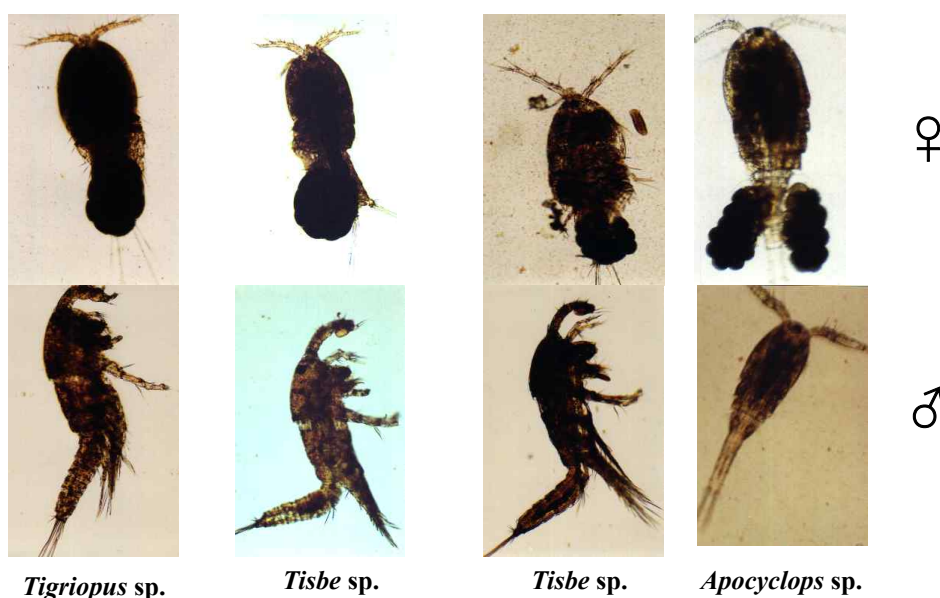


Figure 3. Observed four co-existing copepod species.

고 찰

로티퍼의 대량 배양 수조는 세균이나 부산물이 풍부하게 존재하는 미소 생태계(micro-eco-system)를 형성한다고 하였고 [4, 6], 이 미소 생태계 내에서 주로 관찰되는 혼재 생물로는 원생 동물이나 코페포다가 있다고 하였다 [5, 7]. 이 연구에서는 우리 나라에서 해산어의 종묘 생산에 비교적 왕성하게 이루어지고 있는 남해안과 제주 지역의 육상 양식 시설을 대상으로 로티퍼의 대량 배양 과정에서 혼재 생물로서 관찰되는 코페포다의 종류를 검토한 결과, 4종의 코페포다류가 로티퍼 배양조 내에서 혼재 생물로서 관찰되는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 로티퍼의 배양 과정이나 패류 유생 사육 과정 그리고 로티퍼나 패류의 먹이로 이용하기 위하여 식물 먹이 생물을 배양하는 과정에서는 수조 바닥이나 파판을 기어 다니거나, 수중을 부유하는 코페포다는 대부분 *Tigriopus japonicus*로 인식되어 있었다. 이는 *T. japonicus*가 연안에서 서식하는 것이 자주 관찰될 뿐만 아니라, 많이 알려진 종이기 때문에 유발된 오인인 것을 이 연구를 통하여 알 수 있었을 뿐만 아니라, 연구의 수행 과정에서 관찰된 결과로, 로티퍼의 배양 수조에서 관찰되는 포복성이 강한 혼재 코페포다는 대부분 *Tisbe*에 속하는 종이 *Tigriopus*속의 종에 비하여 보다 광범위하게 관찰되었으며, 때로는 이 두 종이 함께 혼재되어 있는 경우도 있었다. 혼재 생물 중 *T. japonicus*와 같이 세균 식성을 띠는 코페포다류 [8]가 로티퍼 배양 수조 내에 혼재되었을 때는 로티퍼 배양 수조 내에 풍부하게 존재하는 유기물이나 혼재 세균을 직접, 간접적으로 이용하여 육안적으로도 쉽게 관찰이 가능할 정도로 대증식한 것으로 판단된다. 이때 혼재된 코페포다는 로티퍼의 배양 수조에서 먹이로 이용하기 위하여 배양 중인 로티퍼의 증식 과정에 배양 밀도의 급격한 감소와 같은 영향을 줄 수 있는 주요한 생태 변화 요인으로서 큰 영향을 미칠 수 있는 미소 생태계의 한 구성원으로서 자리를 잡게 될 것으로 판단된다. 한편, 로티퍼 배양 수조 내에서 코페포다가 혼재 생물로서 자주 관찰된다는 점을 이용하여 로티퍼 배양 수조 내에서 증식한 코페포다류의 일종인 *T.*

*japonicus*를 대량으로 채집하여 유용 해산 어류의 종묘 생산 과정에서 로티퍼와 함께 먹이 생물로 이용되기도 하였다 [15]. 그러나 로티퍼의 대량 배양수조에서 관찰되는 혼재 코페포다의 모든 종이 로티퍼의 배양 또는 해산어의 종묘 생산에 과정에서 이로운 결과만을 초래한다고는 보장할 수 없다고 판단되는데, 예를 들면 로티퍼의 배양 수조에 혼재되어 로티퍼의 증식 밀도를 감소시키거나 심지어는 배양 중인 로티퍼와 먹이 경쟁 또는 피포식 관계를 형성하여 먹이로 이용하고자 배양 중인 로티퍼를 전멸시키는 경우도 종종 발생하는 것으로 추정된다. 또한 해산 자치어의 먹이로서 로티퍼와 함께 코페포다를 공급하였을 때 사육 중인 자치어에게 병원성 생물로서 작용할 가능성도 완전히 배제할 수는 없을 것이다. 이렇게 혼재된 코페포다는 로티퍼와 동일 배양 용기에서 경쟁 관계를 형성하여 결국 로티퍼의 안정 배양을 저해하는 주요한 요인으로 작용하는 경우도 있지만 [7, 10, 11], 로티퍼와 코페포다의 혼합 배양의 다양한 효과를 기대할 수도 있을 것으로 판단된다 [2, 3, 9]. 그러므로 연구에서 관찰된 것과 같은 로티퍼 배양수조에서 코페포다의 혼재 현상이 해산어의 종묘 생산 과정에서 로티퍼의 배양 또는 해산어의 사육에 있어서 이로운 결과를 초래할지 아니면 해로운 결과를 초래할지에 대해서 구체적으로 알아 보아야 할 필요성이 높다고 판단되는데 이를 위해서는 가장 먼저 혼재가 관찰되는 코페포다를 분류하여 이들 코페포다의 먹이 습성 또는 증식 환경 등을 반드시 알아 보아야 할 뿐만 아니라 이들 코페포다는 결국 로티퍼의 배양과 해산어의 종묘 생산에 이로운 혼재 생물인지, 해로운 혼재 생물인지를 판단하는 후속 연구가 계속되어야 할 것으로 판단된다.

결 론

해산어의 종묘 생산 과정에서 초기 먹이 생물로 널리 이용되고 있는 로티퍼의 대량 배양 수조에는 다양한 혼재 생물이 존재한다. 이 연구에서는 *Brachionus*속의 로티퍼를 대량 배양하면서 관찰되는 코페포다의 혼재 양상과 종을 분류하였다. 그 결과, 2종의 *Tisbe*, 1종의 *Tigriopus* 그리고

1종의 *Apocyclops*, 모두 4종의 코페포다가 로티퍼 배양 수조에서 혼재 생물로 관찰되었다.

References

1. Bartoli M, Castaldelli G, Nizzoli D, Viaroli P. 2012. Benthic primary production and bacterial denitrification in a Mediterranean eutrophic coastal lagoon. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **438**, 41-51.
2. Cnudde C, Moens T, Hoste B, Willems A, De Troch M. 2013. Limited feeding on bacteria by two intertidal benthic copepod species as revealed by trophic biomarkers. *Environ Microbiol Rep* **5**, 301-309.
3. De Troch M, Vergaerde I, Cnudde C, Vanormelingen P, Vyverman W. 2012. The taste of diatoms: the role of diatom growth phase characteristics and associated bacteria for benthic copepod grazing. *Aquatic Microbial Ecology* **67**, 47-58.
4. Ferguson A, Eyre B. 2013. Interaction of benthic microalgae and macrofauna in the control of benthic metabolism, nutrient fluxes and denitrification in a shallow sub-tropical coastal embayment (western Moreton Bay, Australia). *Biogeochemistry* **112**, 423-440.
5. Hagiwara A., M.-M. Jung, T. Sato and K. Hirayama. 1995. Interspecific relations between marine rotifer *Brachionus rotundiformis* and zooplankton species contaminating in the rotifer mass culture tank. *Fisheries Science* **61**, 623-627.
6. Hino A., 1990. The function of microbial ecosystem in a mass culture pond of living food organisms. *Suisan zoshoku* **38**, 294-295.
7. Jung M.-M., A. Hagiwara and K. Hirayama, 1997. Interspecific interactions in the marine rotifer microcosm. *Hydrobiologia* **358**, 121-126.
8. Jung M.-M., S. Rho and P.-Y. Kim, 1998. Feeding of bacteria by copepod *Tigriopus japonicus*. *J. Aquaculture of Korean* **11**, 113-118.
9. Jung M.-M., S. Rho and H.-S. Kim, 1999. Interspecific relationship between two food organisms in the combination culture tank of rotifer, *Brachionus rotundiformis* and copepod, *Tigriopus japonicus*. *J. Korean Fisheries Society* **33(1)**, 66-69.
10. Jung M.-M., H.-S. Kim and S. Rho, 2000. Cultivation of *Tigriopus japonicus* by products of rotifer culture tanks. *J. of Aquaculture (KAS: Korean Aquaculture Society)* **13(1)**, 63-67.
11. Jung M.-M. and A. Hagiwara, 2001. The effect of bacteria on interspecific relation between euryhaline rotifer *Brachionus rotundiformis* and harpacticoid copepod *Tigriopus japonicus*. *Hydrobiologia* **446/447**, 123-127.
12. Kanematsu M., M. Maeda, K. Yoseda and Hirota Yonedo, 1989. Methods to repress the growth of a *Nannochloropsis*-grazing microflagellate **55**, 1349-1352.
13. Nascimento FJ, Na'slund J, Elmgren R (2012) Meiofauna enhances organic matter mineralization in soft sediment ecosystems. *Limnology and Oceanography* **57**, 338.
14. Maeda M. and A. Hino, 1991. Environmental management for mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Rotifer and Microalgae Culture Systems. Proceedings of a U. S. - Asia Workshop*. Honolulu, HI, 125-133.
15. 長崎縣水産試験場増養殖研究所. 1978. 昭和52年度指定調査研究総合助成事業. 魚類の初期餌料用動物プランクトンの検索と大量培養研究報告書-VI.1-24.