

담수산 물벼룩 *Moina macrocopa*과 기수산 물벼룩 *Diaphanosoma celebensis*의 염분 농도별 점프 이동에 대한 생존 및 증식 반응

정민민* · 김형신* · 노 심**

국립수산진흥원 남해수산연구소 증식과, *여수대학교 해양학과 부유생물생태학연구소

**제주대학교 해양과학대학 증식학과

Survival and Growth Responses on Jumping of the Each Saline Concentrations of Freshwater Cladoceran *Moina macrocopa* and Estuarine Cladoceran *Diaphanosoma celebensis*

Min-Min JUNG⁺, Hyeung-Sin KIM^{*} and Sum RHO^{**}

South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-820, Korea

*Lab. of Phytoplankton Ecology, Dept. of Oceanography, Yosu National University, Yeosu 556-820, Korea

**Department of Aquaculture, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

In this study, we investigated that the survival and growth responses of freshwater cladoceran *Moina macrocopa* and estuarine cladoceran *Diaphanosoma celebensis* on the saline culture conditions after transferring for using as live food organism. Estuarine cladoceran *D. celebensis* was survived and grew on the all salines except to saline jump culture condition of 0 ppt. However, freshwater cladoceran *M. macrocopa* was died or decline on the over saline jumping culture conditions of 4 ppt within 5 minutes. These suggest the possibility of using the estuarine cladoceran *D. celebensis* compare with freshwater cladoceran *M. macrocopa* as a substitute live food organism for *Artemia* in the marine larval rearing.

Key words: *Artemia*, Cladoceran, *Diaphanosoma celebensis*, Live food organism, *Moina macrocopa*, Substitute live food organism

서 론

해산어의 중요 생산 과정에서 체계화된 동물 먹이생물 급이 계열은 로티퍼→알테미아의 단순, 획일화된 방법이 이용되고 있는데, 이와 같은 먹이 급이 계열은 지금 전세계적으로 문제시되고 있는 알테미아 수급 불균형 및 가격 파동과 같은 현상이 유발되었을 때 양식 경영 압박 요인으로 매우 크게 작용한다.

이에 따라 해산어의 중요 생산과정에서 로티퍼 다음 단계 먹이생물로 이용되는 알테미아의 대체 먹이생물로서 새로운 먹이생물의 개발이 절실히 요구되고 있으며 그 대체 먹이생물로서 담수산 물벼룩 *Moina macrocopa*과 기수산 물벼룩 *Diaphanosoma celebensis*이 개발 중에 있다. 그러나, 이 두 종은 양식 대상 생물이 사육되고 있는 사육수의 염분 환경과는 다른 담수와 기수에 서식하는 종으로 해수에서의 배양 여부나 생존 여부가 아직 밝혀져 있지 않다.

이 연구에서는 알테미아의 대체 먹이생물로서 연구 개발중인 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*과 기수산 물벼룩 *D. celebensis*을 사용하여 해수에서의 반응 결과 (생존과 증식)를 알아보았다.

재료 및 방법

실험에 사용한 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*은 국내의 담수어 양식 시설에서 채집한 후 실험실에서 분리, 단일종 배양된 종으로 담수 개량형 F/2 배지를 이용하여 단일종 배양한 담수산 *Chlorella* sp.를 먹이로 사용하여 보존 배양한 것이며, 기수산 물벼룩 *D. celebensis*도 단일종 배양된 스트레인 (JJ st.; Jeju Jungminmin strain)으로 해수 개량형 F/2 배지를 이용하여 배양한 *Nannochloropsis oculata*를 먹이로 사용하여 보존 배양한 것이다. 실험 기간 중 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*과 기수산 물벼룩 *D. celebensis*의 먹이 공급은 실험수의 농도가 10⁶ cells/mL 전후가 유지되도록 담수산 *Chlorella* sp.와 *N. oculata*를 매일 급이하였다. 그리고 매 1일 경과 후 먹이 섭이량을 파악하기 위하여 잔존 먹이량을 계수하였다. 실험 용기는 6구멍의 멀티웰을 사용하였으며 각 염분 조건별로 6반복하였고 각 구멍별 실험 생물 (담수산과 기수산 물벼룩)의 접종은 배양수 10 mL에 미성숙 개체 3개체를 수용하였다.

염분 조건별 배양수간 점프 (다른 염분 조건으로 순치 과정없이 바로 이동)는 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*의 경우, 종 보존 배양 조건인 염분 0 ppt의 담수에서 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 ppt의 14조건의 염분 조정 배양수에 점프 이동하였으며, 기수산 물벼룩은 종 보존 배양 조건인 염분 18~20 ppt의 기수에

*Corresponding author: jungminmin@hanmail.net

서 저농도 쪽으로 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15 ppt의 9조건과 고농도 쪽으로 25, 30, 35, 40, 45 ppt의 5조건으로 전부 14조건에 다른 염분 배양수에 점프 이동 후 담수산과 기수산 물벼룩의 각 염분 농도별 적응 상태를 관찰하였다. 이때 염분의 조절은 여과 멸균 해수와 여과 멸균 증류수를 사용 배양수를 희석하는 방법으로 실험 배양수를 만들었으며 자연 해수보다 고염분수인 35, 40, 45 ppt의 염분 배양수는 해수를 증발시켜 농축시킨 후 희석하여 사용하였다. 그 외 배양 조건은 수온 20°C의 배양기의 암흑 하에서 실시하였으며, 16일간의 실험 기간 중 매일 증식 상태를 관찰하였고 실험 개시 직후의 담수산과 기수산 물벼룩의 각 염분 농도에 대한 증식 반응을 알아보기 위하여 매일 관찰하였다. 한편, 담수산 물벼룩과 기수산 물벼룩을 해산어의 중요 생산 과정에서 먹이로 이용한 경우, 해산 자치어의 사육 수조에 먹이로 공급된 후 이용되는 효율을 좌우할 수 있을 것으로 추측되는 담수산 물벼룩과 기수산 물벼룩의 단시간별 생존 가능 정도 (이하 단시간 생존율이라고 한다)를 분석하기 위하여 실험 개시 직후 5, 10, 20, 30, 60분 (1시간)과 2, 5, 10시간 후에 먹이로서 해산 자치어에게 급이된 후 자치어에게 포식 당하기 전 두 종의 생존 여부를 염분 농도별로 관찰하였다. 그리고 반복구간 평균값과 표준 편차를 산출 후 그 결과는 student-t test로 유의성 검정하였다.

결 과

기수산 물벼룩 *D. celebensis*의 종 보존 배양 환경인 염분 농도 20 ppt에는 16일간의 배양 기간 중 계속적인 증식 양상이 관찰되었으며 염분 농도별 점프 이동 후의 증식을 비교하면 가장 좋은 증식은 염분 농도 20 ppt의 종 보존 배양 환경 (대조구)에서 관찰되었다 (Fig. 1). 특히, 기수산 물벼룩 *D. celebensis*는 갑작스럽게 다른 염분 배양 환경으로 급속히 점프 이동시켰음에도 불구하고 20 ppt에서 0 ppt의 담수 그리고 20 ppt에서 1, 2, 3 ppt의 극히 낮은 염분 농도로 이동시킨 경우를 제외한 나머지 전 실험구 (20 ppt에서 4, 5, 7, 10, 15, 25, 30, 35, 40, 45 ppt)에서 증식이 관찰 가능하였다 (Fig. 1).

종 보존 배양 조건인 20 ppt의 염분 배양 조건하에서는 배양 개시 후 최고 밀도 (이하 최고 밀도는 16일간의 배양 기간 중 관찰된 최고 밀도를 나타냄) 88.3 ± 5.5 개체/10 mL가 관찰되었는데 비교하여 20 ppt에서 25 ppt로 점프 이동시킨 경우에는 최고 밀도 85.2 ± 4.1 개체/10 mL가 관찰되어 16일간의 증식을 대조구의 결과와 비교하여 차이를 관찰할 수는 없었다 ($p < 0.05$). 그러나, 20 ppt에서 30 ppt로 점프 이동시킨 경우에는 최고 밀도 70.6 ± 4.1 개체/10 mL가 관찰되어 대조구에 비교하여 다소 낮은 증식이 관찰되었으며 ($p < 0.05$), 20 ppt에서 35 ppt ($p < 0.05$), 그리고 20 ppt에서 15 ppt ($p < 0.05$)에서도 대조구에 비교하여 다소 낮은 증식이 관찰되었다. 한편, 그 외의 염분 농도 점프 실험구에서는 대조구 (20 ppt의 종 보존 배양 환경)에 비교하여 뚜렷하게 매우 낮은 증식 양상이 관찰되었다 (Fig. 1, $p < 0.05$).

*D. celebensis*의 증식 양상을 구체적으로 살펴보면, 실험 개시시

3 개체/10 mL씩 수용한 *D. celebensis*는 종 보존 배양 환경인 염분 농도 20 ppt의 대조구 (control)에서 16일 동안의 배양 기간 중 최고 밀도는 88.3 ± 5.5 개체/10 mL로 증식하여 실험구 중에서 가장 좋은 증식이 관찰되었고 20 ppt에서 15 ppt로 점프 이동시킨 실험구에서는 85.2 ± 4.1 개체/10 mL로 대조구와 비슷한 증식이 관찰되었다 (Fig. 1). 그러나, 20 ppt에서 5 ppt, 20 ppt에서 7 ppt, 20 ppt에서 10 ppt, 20 ppt에서 40 ppt 그리고 20 ppt에서 45 ppt에서는 대조구에 비교하여 매우 낮은 증식이 관찰되었으며, 20 ppt에서 0 ppt, 20 ppt에서 1 ppt 그리고 20 ppt에서 2 ppt로 점프 이동한 실험구에서는 실험 개시시 수용한 개체수 (3 개체/10 mL)보다 증식이 감소하였다. 특히, 20 ppt에서 0 ppt로 점프 이동시킨 *D. celebensis*는 배양 개시 후 유영력과 섭이력이 급격히 떨어지면서 4일째에는 수용한 3개체 모두가 전멸하였다. 한편 20 ppt에서 4 ppt로 이동시킨 경우에는 16일 경과 후에도 4.3 ± 0.7 개체/10 mL가 생존하였다 (Fig. 1).

16일간의 배양 기간 중 먹이로 급이한 *N. oculata*의 잔존량을 확인한 결과 20 ppt에서 0 ppt의 조건에서만 투이한 먹이를 전혀 이용하지 않는 비정상적인 섭이 행동이 관찰되었을 뿐 다른 염분 배양 환경에서는 왕성한 섭이 행동 또는 약간의 섭이 행동이 관찰되었는데 특히, 대조구인 20 ppt 배양구와 20 ppt에서 10 ppt, 20 ppt에서 15 ppt, 20 ppt에서 25 ppt, 20 ppt에서 30 ppt 그리고 20 ppt에서 35 ppt로 점프 이동한 경우 매우 왕성한 섭이력이 관찰되었다 (Fig. 2).

담수산 물벼룩 *M. macrocopa*는 종 보존 염분 농도인 0 ppt (대조구)에서는 실험 개시시 수용한 3 개체/10 mL가 16일 후에는 160.8 ± 5.5 개체/10 mL로 매우 높은 증식이 관찰되었으나, 점프 이동한 염분 농도 4 ppt 이상에서는 정상적인 증식을 관찰할 수 없었을 뿐만 아니라 급속도로 활력 (유영력과 섭이력)이 저하되면서 사망하였다 (Fig. 3, 4 ppt 이상의 각 조건에서 대조구와 비교하여 $p < 0.05$). 한편, 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*의 정상적인 증식을 방해하는 점프 이동 염분 농도는 4 ppt 이상임을 알 수 있었다 (Fig. 3).

담수산 물벼룩 *M. macrocopa*를 점프 이동시킨 후 염분 농도별 이동 후의 활력 판정을 위한 간접적인 기준으로서 관찰한 급이한 먹이 (*Chlorella* sp.)의 잔이량은 대조구인 0 ppt, 1 ppt 그리고 2 ppt로 이동한 경우에는 비교적 왕성한 *M. macrocopa*의 섭이력이 관찰되었으나, 점프 이동 염분 농도 3 ppt 이상부터는 섭이력이 서서히 둔화되기 시작하여 5 ppt 이상에서는 거의 섭이를 관찰할 수 없었다 (Fig. 4, 5 ppt 이상의 각 조건에서 대조구와 비교하여 $p < 0.05$). 이때 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*는 배양 용기 바닥에 가라앉아 부속지를 가끔 움직일 뿐 활력을 전혀 관찰할 수 없었다.

한편, 먹이로 공급된 후 생존율을 시간별로 알아본 담수산 물벼룩과 기수산 물벼룩의 단시간 생존율은 기수산 물벼룩 *D. celebensis*의 경우에는 20 ppt에서 0 ppt와 3 ppt로 점프 이동한 실험구에서 120분 (2시간)과 30분 후에 미비한 사망 개체가 관찰되었을 뿐 다른 염분 농도의 점프 이동 실험구에서는 전혀 사망 개체가 관찰되지 않았다 (Fig. 5). 그러나, 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*의 단시간 생존율을 관찰한 결과에서는 0 ppt에서 1 ppt와 2 ppt로 이

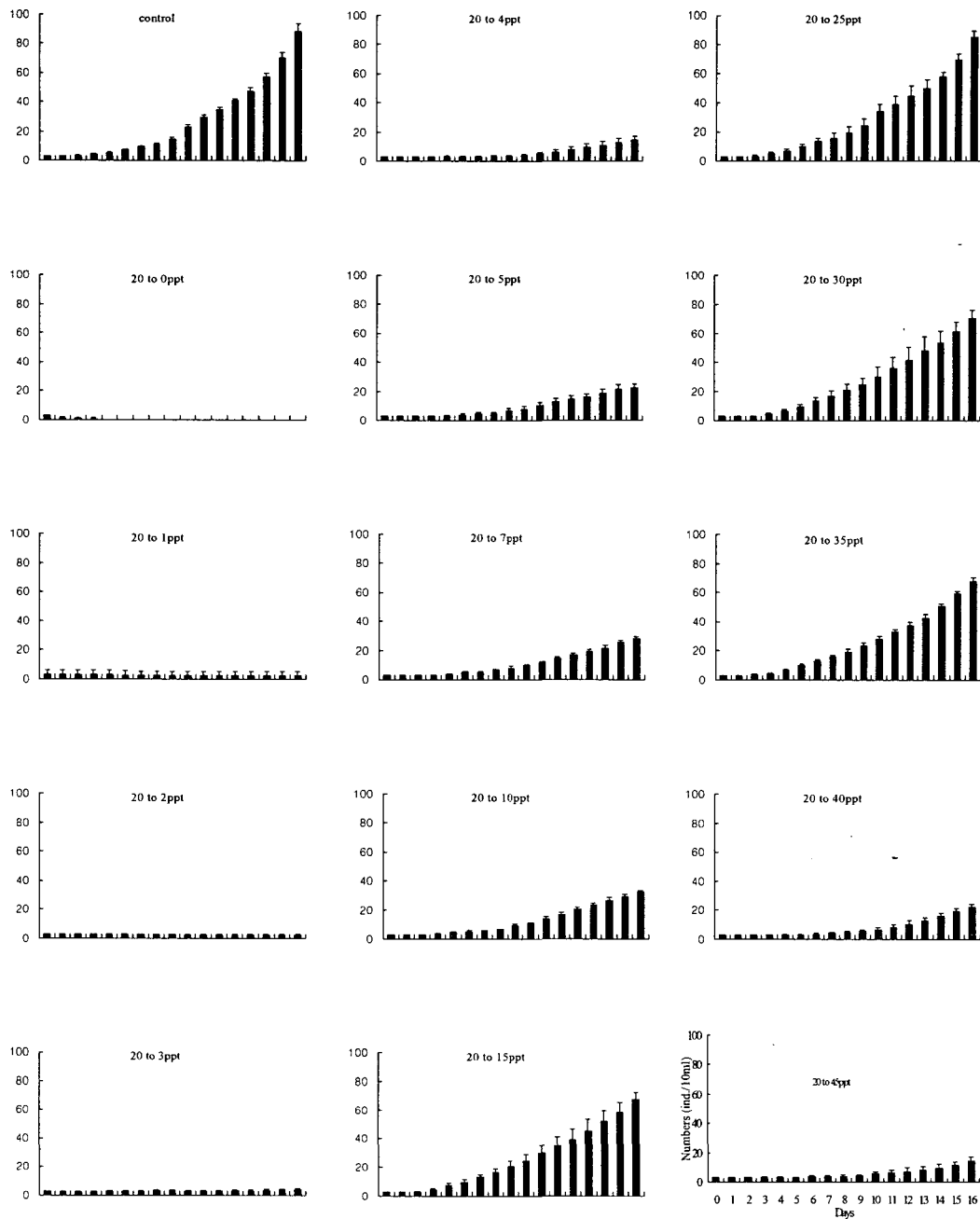


Fig. 1. Day-times growth of estuarine cladoceran *D. celebensis* after jump transferring of various saline culture conditions from control culture condition (20 ppt). Each bars and vertical bars were represents Avg.±SD of three replications.

동한 경우에는 배양 개시 후 10시간 후에도 실험 개시시 수용한 3 개체/10 mL가 모두 생존하였으나, 3 ppt 이상의 염분 농도로 점프 이동한 경우에는 사망 개체가 관찰되기 시작하여 15 ppt 이상의 염분 농도로 점프 이동한 경우에는 실험 개시시 수용한 전 개체수가 5분 이내에 사망하였다 (Fig. 6).

고 찰

해산어의 종묘 생산 과정에서 알테미아 *Artemia*는 사육중인 자

치어의 먹이생물로서 로티퍼와 함께 배합 사료로 전환하기 전에 필수적으로 이용되고 있는 동물 먹이생물로 (Hirano, 1966), 종묘 생산 현장에서는 로티퍼 배양조내에 알테미아가 혼재되어 때때로 로티퍼의 증식을 방해할 정도 (Jung et al., 1998a)로 자주 그리고 많은 양이 먹이생물로서 소모된다. 이와 같이 알테미아가 해산 자치어의 사육 과정에서 먹이생물로 널리 이용되는 것은 시스트 (강통)의 형태로 가공되어 언제든지, 원하는 시기에 원하는 만큼의 양을 사용하고자 하는 사람이 손쉽게 입수 가능하다는 장점 때문에 전세계적으로 광범위하게 사용되고 있다.

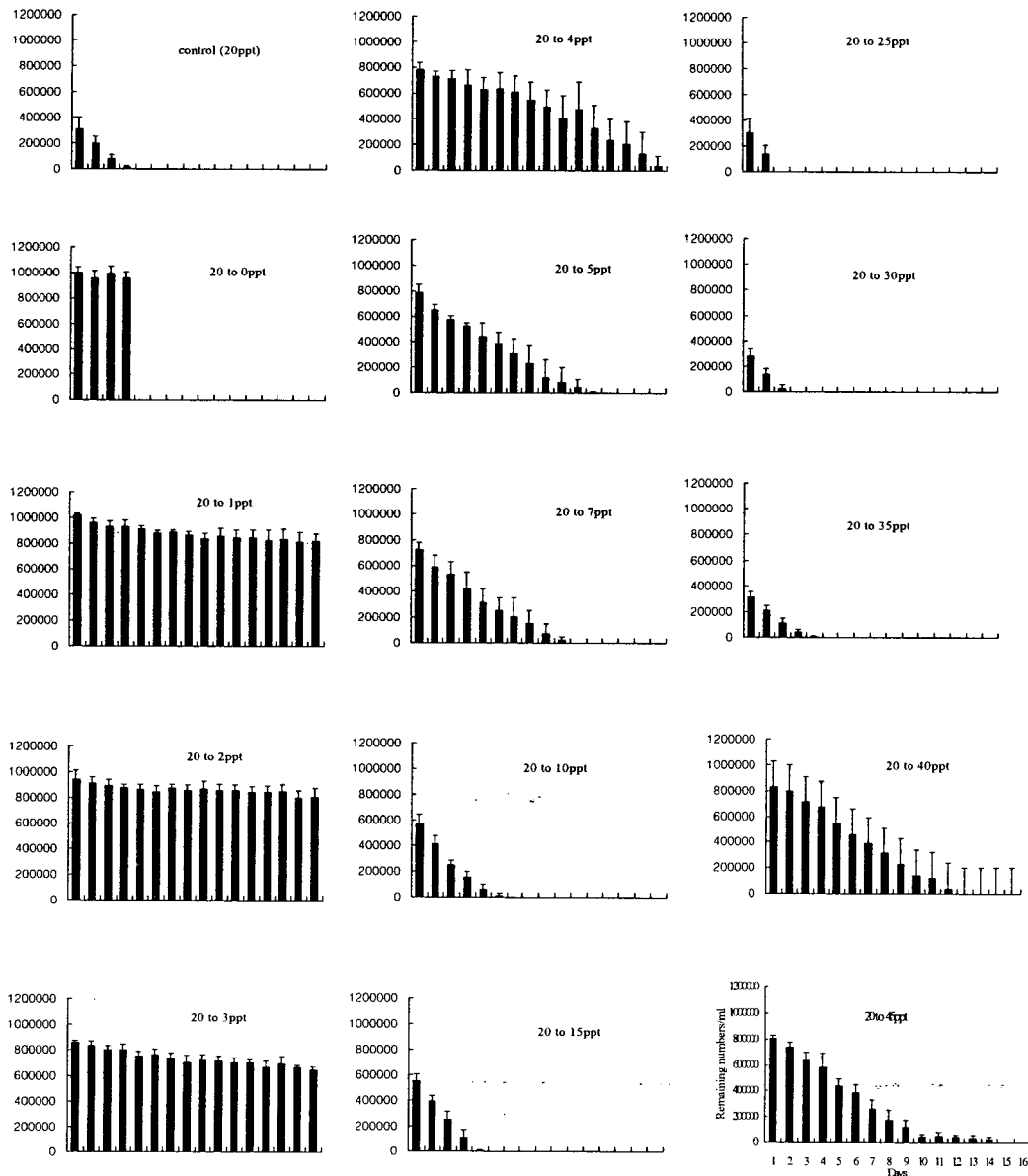


Fig. 2. Remaining cells numbers of feds (*N. oculata*) in the each estuarine cladoceran, *D. celebensis* culture tanks. Each bars and vertical bars were represents Avg. ± SD of three replications.

최근 알테미아 산지에서의 기상 이변이 원인이 되어 발생한 알테미아 가격 파동 이후 해산어의 종묘 생산 과정에서 알테미아를 대체할 수 있는 새로운 먹이생물의 개발이 절실히 요구되고 있다. 알테미아를 대체할 수 있는 새로운 먹이생물을 개발하고자 연구 중인 동물 먹이생물 이용 방안으로서는 담수산 물벼룩의 활용, 코페포다의 대량 배양, 안정 배양 기술 개발 그리고 기수산 물벼룩의 이용 등에 관한 연구가 진행되고 있다.

먼저 담수산 물벼룩을 해산어의 종묘 생산 과정에서 알테미아의 대체 먹이생물로 이용하여 보고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 그러나, 이 연구 결과에서도 밝혀진 바와 같이 담수산 물벼룩은 해수에 대하여 적응 능력이 매우 부족하여 해수에 접촉되었을 때

는 증식이 불가능할 뿐 만 아니라 생존 조차도 불가능한 것을 알 수 있었다. 이 연구에서 밝혀진 결과로는 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*를 해수에 수용하였을 경우, 염분 농도 15 ppt 이상의 염분 접촉시에는 바로 죽사하고, 1 ppt 이상의 염분 농도에서는 대조구인 0 ppt의 증 보존 환경에 비교하여 매우 낮은 증식이 관찰되었고 특히, 4 ppt 이상의 염분 농도에서는 증식을 전혀 관찰할 수 없었다. 이것으로 해산어의 종묘 생산 과정에서 담수산 물벼룩의 이용 가치는 낮은 것으로 판단된다.

알테미아의 대체 먹이생물로 이용하기 위하여 연구되어지고 있는 코페포다의 종류로서는 *Acartia clausi*, *A. longiremis*, *Amonardia* sp., *Apocyclops* sp., *Eurytemora pacifica*, *Euterpina acutifrons*,

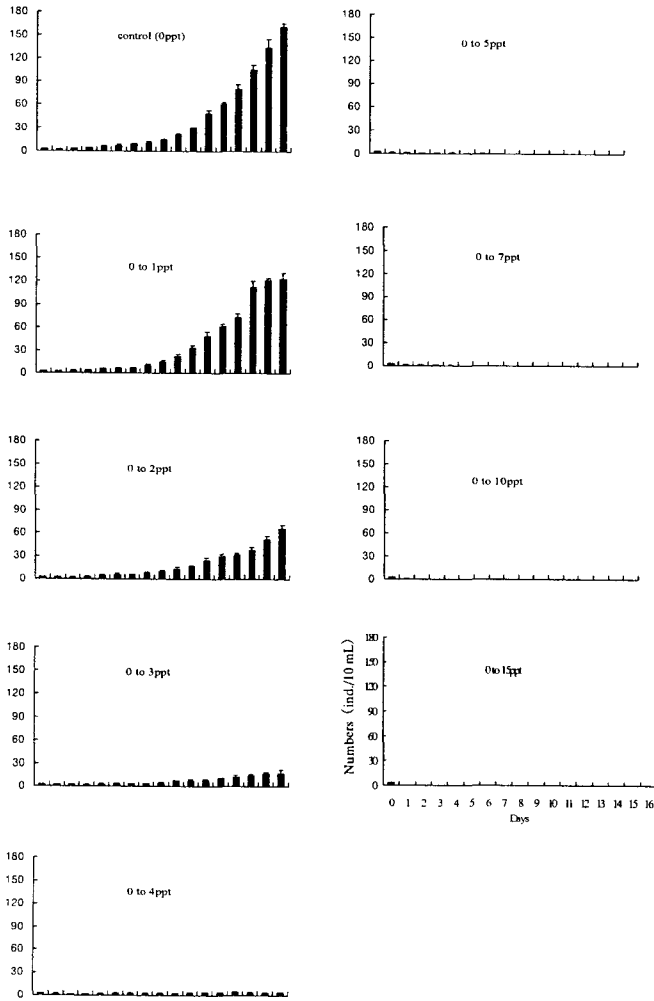


Fig. 3. Day-times growth of freshwater cladoceran *M. macrocopa* after jump transferring of various saline culture conditions from control culture condition (0 ppt). Each bars and vertical bars were represents Avg. \pm SD of three replications.

Microsetella norvegica, *Oithona brevicornis*, *O. nana*, *O. similis*, *Pseudodiaptomus marinus*, *P. inopinus*, *Sinocalanus tenellus*, *Tigriopus japonicus*, *Tisbe* sp., 등 많은 종이 있다 (Kitajima 1973; Omori, 1973; Sekiguchi, 1978; Fukusho et al., 1980; Theilacker and Kimball, 1984; Jung et al., 1998b; Jung and Rho, 1998; Park et al., 1998; Jung et al., 1999a; Nanton and Castell, 1999; Jung et al., 2000a; Jung et al., 2000b). 그러나, 해산어의 종묘 생산 과정에서 코페포다를 먹이생물 또는 알테미아 대체 먹이생물로 사용하기 위해서는 대량 배양과 안정 배양의 문제가 먼저 선결되어야 하는데 현재 대량 배양과 안정 배양이 함께 가능한 종은 극소수에 불과하며 아직 많은 연구 과제가 남아 있다. 그러므로 현재로서는 해산어의 종묘 생산 과정에서 로티퍼 다음 단계 먹이생물로서 알테미아를 대체할 수 있는 먹이생물의 개발은 아직 미흡한 것이 사실이다.

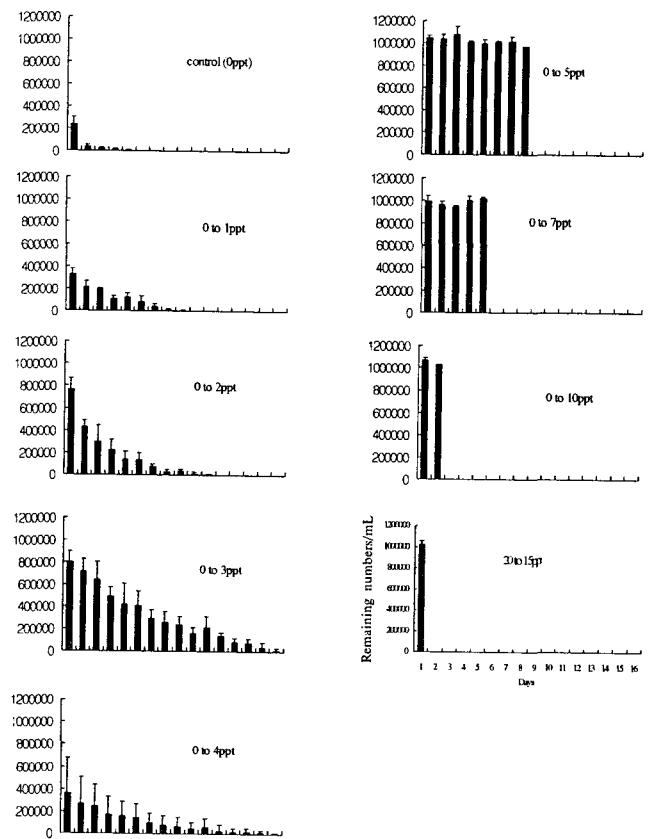


Fig. 4. Remaining cells numbers of feds (freshwater *Chlorella* sp.) in the each freshwater cladoceran, *M. macrocopa* culture tanks. Each bars and vertical bars were represents Avg. \pm SD of three replications.

담수산 물벼룩과 코페포다에 이어서 최근 알테미아의 대체 먹이생물로 부각되기 시작한 것은 기수산 물벼룩이다. 그 중에서 *D. celebensis*는 광범위한 염분 농도에 적응, 생존 가능할 뿐만 아니라 증식도 가능한 것으로 알려지고 있다 (Segawa and Yang, 1987). 이 연구의 결과, 기수산 물벼룩 *D. celebensis*는 담수산 물벼룩에 비교하여 염분 적응력이 매우 광범위하고 강하므로 해산어의 종묘 생산 과정에서 *M. macrocopa*와 같은 담수산 물벼룩을 사용함으로써 야기될 수 있는 수질 오염이나 먹이 이용 효율 감소 등에서 초래되는 불안감을 해소할 수 있을 것으로 판단된다. 더욱이 기수산 물벼룩은 동남아시아 지역에서 농어류 (Pena et al., 1998) 및 능성어류 (Chen et al., 1977)의 인공 종묘 생산 과정에서 알테미아 급이 시기에 대체 동물 먹이생물로서 그 이용 가치가 입증되었을 뿐 만 아니라, 이 연구에서 실험 생물로 선택한 기수산 물벼룩 *D. celebensis*는 대량 배양이 비교적 쉽게 가능한 것으로 알려져 있으므로 (Jung et al., 1999b) 앞으로 해산어의 종묘 생산 과정에서 알테미아의 대체 먹이생물로 널리 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

앞으로 기수산 물벼룩 *D. celebensis*를 해산어의 종묘 생산 과정에서 알테미아의 대체 먹이생물로 사용하기 위해서는 알테미

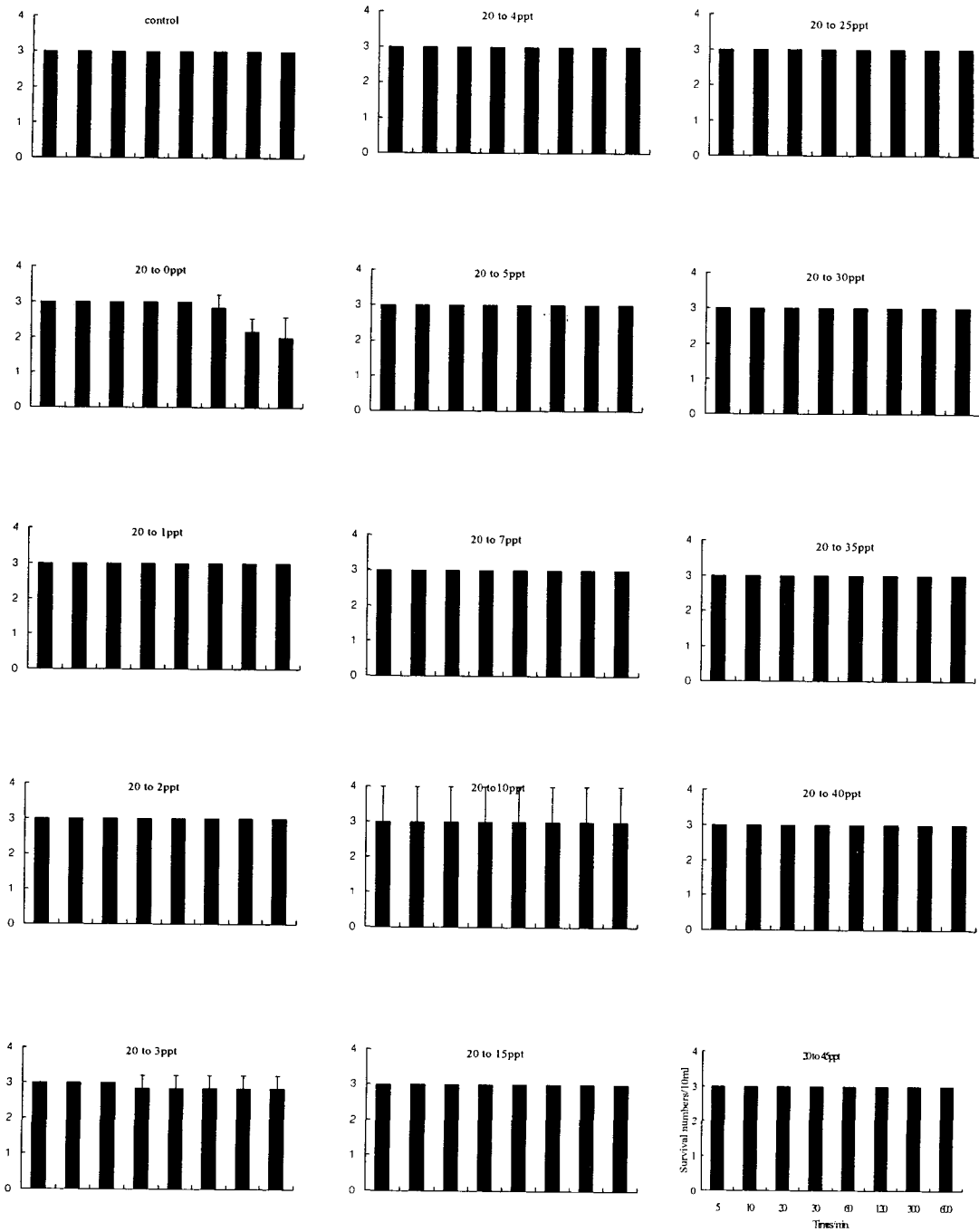


Fig. 5. Short-times survival responses of estuarine cladoceran *D. celebensis* after jump transferring to various saline conditions from control culture condition (20 ppt). Each bars and vertical bars were represents Avg. \pm SD of three replications.

아의 사용 과정에서 뒤 늦게 밝혀진 영양 불균형의 문제 (Watanabe et al., 1983; Kuroshima et al., 1987)를 다시 기수산 물벼룩 *D. celebensis*의 사용 과정에서 재연하지 않기 위해서는 영양적인 관점에서의 먹이생물 가치 검증이 이루어져야 한다고 생각한다. 아울러, 보다 대량으로, 보다 고밀도로 배양 가능한 기술을 확보하기 위한 기술 개발과 함께 생물학적 기초 연구도 계속 병행되어야 할 것이다.

요 약

단순 구성된 동물 먹이생물 급이 계열 (로티퍼→알테미아)을 이용하는 해산어의 종묘 생산 과정에서는 알테미아 수급 불균형 및 가격 파동 발생으로 알테미아를 대체할 수 있는 새로운 먹이생물의 개발을 요구하고 있다. 이 연구에서는 알테미아 대체 먹이생물로서 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*과 기수산 물벼룩 *D. celebensis*의

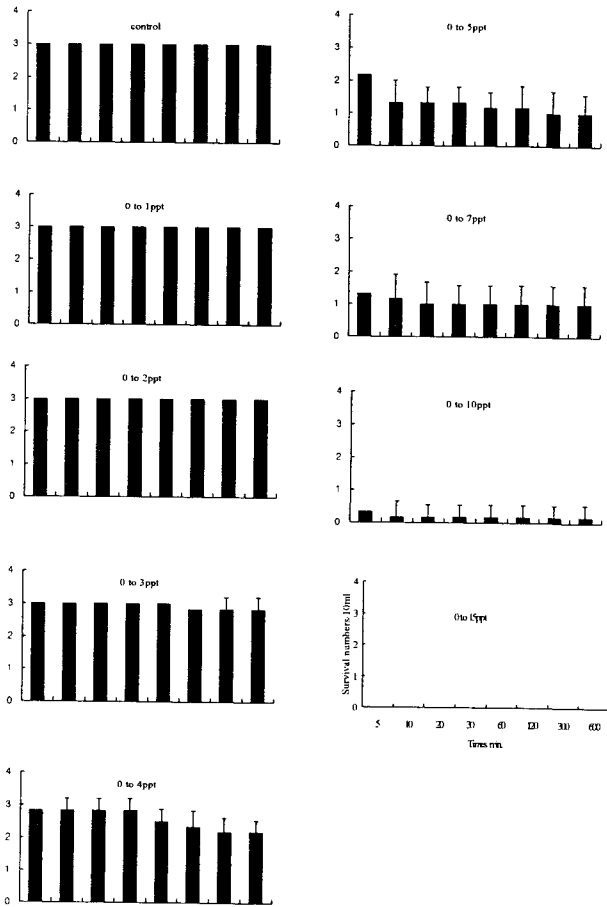


Fig. 6. Short-times survival responses of freshwater cladoceran *M. macrocopa* after jump transferring to various saline conditions from control (0 ppt). Each bars and vertical bars were represents Avg. \pm SD of three replications.

이용 가능성을 검토하기 위한 일환으로 해수에서의 반응 결과 (생존과 증식)를 알아보았다.

담수산 물벼룩 *M. macrocopa*와 기수산 물벼룩 *D. celebensis*을 이용하여 배양 환경으로서 다양한 염분 조건으로의 점프 이동 후 두 종 물벼룩의 생존과 증식 반응을 관찰하기 위하여 16일간의 실험 기간 중 매일의 증식 상태와 단시간 생존율을 관찰하였다.

이 연구 결과, 기수산 물벼룩 *D. celebensis*는 0 ppt의 염분 배양 환경을 제외한 전 실험구에서 비교적 양호한 생존과 증식 반응이 관찰된 반면, 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*은 염분 농도 4 ppt 이상의 점프 이동 환경하에서는 섭이 행동과 유영 행동이 급속히 둔화되면서 증식은 물론 생존조차도 불가능한 것을 알 수 있었다. 특히, 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*의 단시간 생존율을 관찰한 결과에서는 3 ppt 이상의 염분 농도로 점프 이동한 경우에는 점프 이동 후 5분 이내에 일부 사망 개체가 발생하는 것이 관찰되었다.

이 연구의 결과, 기수산 물벼룩 *D. celebensis*은 담수산 물벼룩 *M. macrocopa*과는 달리 현재 많은 연구가 수행되고 있는 코페포다와 함께 해산어의 중요 생산 과정에서 알테미아의 대체 먹이생물로 연구를 진행할 가치가 있는 것으로 판단되었다.

감사의 글

이 논문은 1999년 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

Chen, F.Y., M. Chow, T.M. Chao and R. Lim. 1977. Artificial spawning and larval rearing of the grouper, *Epinephelus tauvina* (Forsk.) in Singapore. *J. Pri. Ind.*, 5, 1~21.

Fukusho, K., T. Arakawa and T. Watanabe. 1980. Food Value of a copepod, *Tigriopus japonicus* cultured with ω -yeast for larvae and juveniles of mud dab *Limanda yokohamae*. *Bull. Japanese Soc. Sci. Fish.*, 46, 499~503.

Hirano, R. 1966. Plankton culture and aquatic animals seedling production. *Inform. Bull. Planktol. Japan*, 13, 72~75.

Jung, M.-M., S. Rho and P.-Y. Kim. 1998a. The effect of co-existing *Artemia* sp. on the rotifer *Brachionus rotundiformis* population growth. *J. Korean Aquaculture (KAS)*, 11, 99~103 (in Korean).

Jung, M.-M., S. Rho and P.-Y. Kim. 1998b. Feeding of bacteria by copepod *Tigriopus japonicus*. *J. Korean Aquaculture (KAS)*, 11, 113~118 (in Korean).

Jung, M.-M. and S. Rho. 1998. Combination culture of rotifer *Brachionus rotundiformis* and copepod *Apocyclops* sp. *J. Korean Aquaculture (KAS)*, 11, 449~455 (in Korean).

Jung, M.-M., S. Rho and H.-S. Kim. 1999a. Interspecific relationship between two food organism in the combination culture tank of rotifer, *Brachionus rotundiformis* and copepod, *Tigriopus japonicus*. *J. Korean Fish. Soc.*, 33, 66~69 (in Korean).

Jung, M.-M., H.-S. Kim and S. Rho. 1999b. Selection of culture scale for stable culture of an estuarine cladoceran *Diaphanosoma celebensis*. *J. Korean Fish. Soc.*, 32, 466~469 (in Korean).

Jung, M.-M., H.-S. Kim, S. Rho, I.F.M. Rumengan and A. Hagiwara. 2000a. The culture of free-swimming copepod species *Apocyclops* sp. (copepod: cyclopoida) by baking yeast. *J. Korean Aquaculture (KAS)*, 12, 303~307 (in Korean).

Jung, M.-M., H.-S. Kim and S. Rho. 2000b. Cultivation of *Tigriopus japonicus* by products of rotifer culture tanks. *J. Korean Aquaculture (KAS)*, 13, 63~67 (in Korean).

Kitajima, C. 1973. Experimental trials on mass culture of copepods. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 20, 54~60.

Kuroshima, R., M. Sato, R. Yoshinaka and S. Ikeda. 1987. Nutritional quality of the wild zooplankton as a living feed for fish larvae. *Suisanzoshoku*, 35, 113~117.

Nanton, D.A. and J.D. Castell. 1999. The effect of temperature and dietary fatty acids on the fatty acid composition of harpacticoid copepods, for use as a live food for marine fish larvae. *Aquaculture*, 175, 167~181.

Omori, M. 1973. Cultivation of marine copepods. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 20, 3~9.

Park, H.G., S.B. Hur and C.W. Kim. 1998. Culturing method and dietary value of benthic copepod, *Tigriopus japonicus*. *J. Korean Aquaculture (KAS)*, 11, 261~269.

Pena, M.R., A.C. Fermin and D.P. Lojera. 1998. Partial replacement of *Artemia* sp. by the brackishwater cladoceran, *Diaphanosoma*

- celebensis* (stingelin) in the larval rearing of sea bass, *Lates calcarifer* (bloch). The Israeli Journal of Aquaculture - Bamid-geh, 50, 25~32.
- Segawa, S. and W.-T. Yang. 1987. Reproduction of an estuarine *Dia-phanosoma aspinosum* (Branchiopoda: Cladocera) under diffe-
rent salinities. Bull. Plankton Soc. Japan, 34, 43~51.
- Sekiguchi, H. 1978. *Acartia clausi* (copepoda: calanoida) in the guts
of planktivorous caneels. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 44, 695.
- Theilacker, G.H. and A.S. Kimball. 1984. Comparative quality of
rotifers and copepods as foods for larval fishes. CalCOFI Rep.,
25, 80~86.
- Watanabe, T., C. Kitajima and S. Fujita. 1983. Nutritional values of
live organisms used in Japan for mass propagation of fish: A
review. Aquaculture, 34, 115~143.

2001년 4월 28일 접수

2001년 11월 28일 수리