

Rotifer 배양조에 혼재된 *Artemia*가 Rotifer의 증식에 미치는 영향

정민민* · 노 섬 · 김필연

*제주대학교 해양연구소 먹이생물연구실, 제주대학교 해양과학대학 증식학과

The Effect of Co-existing *Artemia* sp. on the Rotifer *Brachionus rotundiformis* Population Growth

Min-Min JUNG*, Sum RHO and Pil-Yun KIM

*Food organism culture Lab., Marine Research Institute of Cheju National University.

3288 Hamdok-ri, Chochon-eup, Pukjeju-gun, Cheju-do, 695-810, Korea

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

Artemia often observed as a co-existing organism in the mass culture tank of marine rotifer. The rotifer and *Artemia* are commonly used as food organisms in the marine fish larvae rearing. In this study, interspecific relation between the rotifer *Brachionus rotundiformis* (formely called S-type) and anostracan *Artemia* of the two developmental stages (0 and 19 day old after hatching) were investigated in the laboratory.

The population growth of *B. rotundiformis* and one of the stage (nauplius or adult) of *Artemia* in mixed culture was compared with that of each single species culture. Culture period was 16 days. Every two days, the number of organisms in each species was counted and transferred to a fresh medium containing 7×10^5 cells/ml of food *Nannochloropsis oculata*. Culture volume, temperature, salinity and photoperiod were set at 40ml, 25°C, 22ppt and 24h all dark except to observation time, respectively.

The rotifer population growth was greatly decreased by co-existence with *Artemia*. The co-existing *Artemia* suppressed the rotifer population growth due to it's high filtering speed for food (*N. oculata*).

This study suggested that contamination by *Artemia* must be prevented for the stable rotifer production in the rotifer mass culture tank.

Key words : Rotifer, *Brachionus rotundiformis*, *Artemia*, Food competition

서 론

해산 동물의 유생 발생에 관한 연구 그리고 해산어의 종묘 생산에 관한 연구가 급속도로 발전되기 시작한 것은 1940년경 부터로 이러한 급속도의 진보는 각 대상 생물에 대하여 적당한 초기 먹이 생물이 개발된 것에서 비롯된다 (平野·大島, 1963 ; Hirano, 1966).

그중에서도 rotifer와 *Artemia*는 해산어의 종묘 생산 과정에서 가장 널리 이용되고 있는 대표적인 먹이 생물이다 (Kasahara et al., 1960 ; 平野·大島, 1963 ; Fujita, 1972 ; Hanaoka, 1973 ; 伏見, 1975 ; Dedi et al., 1997 ; Sakamoto et al., 1997). 현재와 같은 양식 산업의 발전은 이와 같은 먹이 생물이 해산어의 자치어 단계에서 본격적으로 이용 가능하게 된 것에서 비롯된다 (平

野·大島, 1963).

부화후 개구 직후의 해산어의 자치어에게는 초기 먹이 생물로서 rotifer가 먹이로서 공급되고 그후 rotifer의 다음 단계의 먹이생물로서 부화 직후의 *Artemia*의 nauplius 유생이 공급되고 있다 (伏見, 1975; Dedi et al., 1997). 그리고 일부 어종 또는 일부 종묘 생산 시설에서는 부화된 *Artemia*의 유생을 성체까지 양성한 후 먹이 생물로 이용하는 경우도 있다 (北島, 1981). 이러한 과정에서 rotifer의 배양조에 *Artemia*가 혼재되는 경우 그리고 *Artemia*의 양성조에 rotifer가 혼재되는 경우가 자주 관찰된다.

일반적으로는 이러한 혼재가 관찰된 경우, 다른 생물의 혼재 (예를 들면 *Artemia*)가 배양하고자 목적인 생물 (예를 들면 rotifer)의 생산에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서 그다지 관심을 가지지 않는다. 그러나, 배양하고자 목적인 생물을 원활하게 안정적으로 생산하기 위해서는 배양을 목적으로 하고 있는 생물과 그 배양조에 혼재된 생물 간에 어떠한 중간 관계가 이루어지고 있는가, 그리고 그러한 중간 관계에 의하여 목적인 생물의 증식에는 어떠한 영향을 미치는지에 대해서 주의 깊게 검토할 필요성이 있다고 생각된다.

이 연구에서는 이러한 배경하에서 해산어의 종묘 생산 과정에서 먹이 생물로서 가장 대표적으로 사용되는 rotifer와 *Artemia*와의 중간 관계를 규명하여, 목적하고 있는 배양 생물(이 연구에서는 rotifer)의 안정적인 배양을 도모하고자 실시하였다.

재료 및 방법

실험에는 일반적으로 소형으로 분리워지고 있는 rotifer, *Brachionus rotundiformis* (Koshiki strain; 이하 rotifer라고 부른다)와 미국 샌프란시스코의 Great Salt lake주의 *Artemia* sp.를 사용했다. rotifer는 일본 고시키섬의 가이이케(貝池)에서 채집한 것으로 수년간에 걸쳐서 실험실

내에서 단일종 배양한 것이고, *Artemia*는 Great Salt lake 원산의 *Artemia* cyst를 이용, 실험실 내에서 부화후 *Nannochloropsis oculata*를 먹이로 양성한 성체와 부화직후의 유생을 사용했다.

모든 실험에 사용한 사육수는 일반 해수와 증류수를 섞어서 염분을 22ppt로 조정하고 glass microfiber filter (GF/C)로 여과한 후 고온 고압 멸균기로 멸균처리하였다 (120°C에서 20분간). 그리고 배양 온도는 25°C였다. 실험 생물인 rotifer와 *Artemia*의 먹이로는 Erd-Schreiber 개량형 배지 (Hagiwara et al., 1994)에서 단일종 배양한 *N. oculata*을 2일간격으로 ml당 7×10^5 세포씩 급이했다. 배양은 50ml의 비이커에 ml당 7×10^5 세포의 *N. oculata* 현탁액을 40ml씩 넣고, rotifer는 20마리, *Artemia*는 3마리씩 각 수조에 수용하였다.

실험은 rotifer만을 수용한 rotifer 단독 배양구, 각 단계(유생과 성체)의 *Artemia*만을 수용한 *Artemia* 단독 배양구를 준비한후, rotifer와 각 단계의 *Artemia*를 혼합 배양한 경우에서의 각각의 군증식을 비교하였다. 실험은 같은 시기에 동일 조건하에서 각각 3회 반복하였다. 실험 기간중 단독 배양한 경우와 혼합 배양한 경우에서의 각 생물의 군 증식을 비교하기 위하여 전 조건하에서의 rotifer와 *Artemia*의 총 개체수와 먹이로서 급이한 *N. oculata*의 잔존량을 2일마다 계수하였다. 2일마다 계수한 rotifer와 *Artemia*는 새로운 *N. oculata* 현탁 배양액에 옮겼다.

결 과

rotifer와 *Artemia* 유생을 혼합 배양한 경우, 두 생물은 한정된 먹이 *N. oculata* 조건하에서 먹이 경쟁을 하였다. 그러나, *Artemia*의 유생 (부화 직후의 *Artemia*; 0.95 ± 0.04 mm)은 물론, *Artemia* 성체 (19일간 양성한 *Artemia*; 3.3 ± 0.1 mm)와 rotifer (*B. rotundiformis*; 0.19 ± 0.02 mm)와의 중간 관계에서 직접적인 피포식 관계는 관찰되지 않았다.

Table 1. Density ($\times 10^3$ cells/ml) of remaining *Nannochloropsis oculata* 48 hrs after feeding during the experiment of *Brachionus rotundiformis* and *Artemia* sp. (19 days post hatch) interspecific relation

species	days	2	4	6	8	10	12	14	16
	<i>B. rotundiformis</i>		438 (0)	0	0	0	0	0	0
<i>Artemia</i> sp.		21 (36)	83 (36)	21 (36)	0	0	0	0	0
<i>B. rotundiformis</i> + <i>Artemia</i> sp.		0	0	0	0	0	0	0	0

*Number in the parenthesis indicates SD of three counts.

Table 2. Density ($\times 10^3$ cells/ml) of remaining *Nannochloropsis oculata* 48 hrs after feeding during the experiment of *Brachionus rotundiformis* and *Artemia* sp. (newly-hatched) interspecific relation

species	days	2	4	6	8	10	12	14	16
	<i>B. rotundiformis</i>		438 (0)	0	0	0	0	0	0
<i>Artemia</i> sp.		292 (95)	333 (130)	0	0	0	0	0	0
<i>B. rotundiformis</i> + <i>Artemia</i> sp.		271 (191)	21 (36)	0	0	0	0	0	0

rotifer의 배양조에 *Artemia* 성체를 혼재시킨 배양 결과에서는 rotifer의 섭식과 더불어 *Artemia* 성체의 급속한 여과 섭식력에 의하여 실험 개시후 첫 관찰일인 2일째 이후부터는 전혀 잔존 먹이 (*N. oculata*)의 관찰이 불가능하였다 (Table 1). 특히 rotifer와 *Artemia* 성체의 혼합 배양에서는 부화 직후의 *Artemia* 유생과 rotifer를 혼합 배양한 결과와 비교하면, *Artemia*의 성체는 실험 개시 직후부터 적극적으로 배양조내의 먹이를 섭식하였으며, rotifer의 증식을 실험 개시 직후부터 크게 억제하여, 16일간의 실험 기간중에 rotifer를 전멸시켰다 (Fig. 1).

실험 개시후 4일째부터는 rotifer 단독 배양구에서 먹이로서 급이한 *N. oculata*의 잔존량이 제로 상태가 되었고, 부화 직후의 알테마아 유생 단독 배양구에서도 2일 간격으로 일정량의 먹이를 급이하였음에도 불구하고 실험 개시후 6일째에서부터는 배양 용기내에서의 잔존 먹이량은 관찰할

수 없었다 (Table 2). 그리고 rotifer와 *Artemia* 유생을 혼합 배양한 경우에서도 4일째부터 현저한 먹이 경쟁 관계가 관찰되어 (Table 2) 실험 개시후 6일째부터는 전혀 잔존 먹이는 관찰되지 않았다 (Table 2). 뿐만아니라, 실험에 사용한 *Artemia*의 유생과 성체는 *Artemia*의 단독 배양 그리고 rotifer와의 혼합 배양 어느 실험구에서도 배양조내의 잔존 먹이량이 제로가 되는 것과 동시에 실험 개시후 4일, 6일 그리고 10일째에 실험 개시시 수용한 3마리의 *Artemia* 유생과 *Artemia* 성체는 전부 사망하였다 (Fig. 2, 3).

고 찰

해산어의 종묘 생산과정에서 일반적으로 이용되는 두 먹이 생물 (rotifer와 *Artemia*)은 *N. oculata*를 공통 먹이원으로하여, 먹이 경쟁을 한 결과 서로의 증식이 억제되었다. 이 실험에서 rotifer와

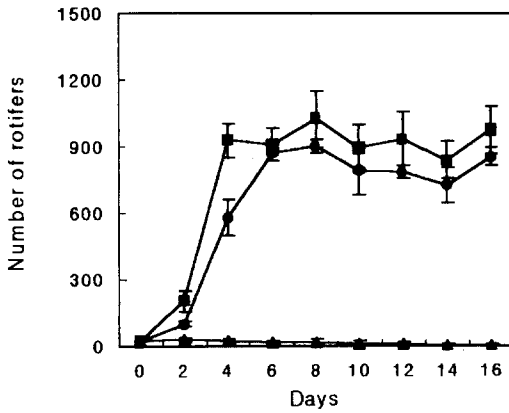


Fig. 1. Growth of rotifer *Brachionus rotundiformis* in the rotifer single culture (square) and mixed culture with the two develop stages *Artemia* sp., newly hatched nauplius (circle) stage and 19 days old adult stage (triangle).

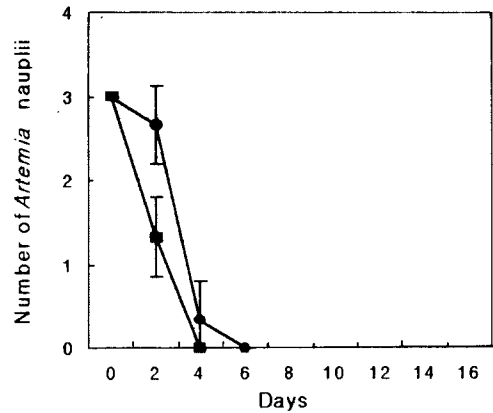


Fig. 3. Total number of *Artemia* adult in the single culture (square) and mixed culture with rotifer *B. rotundiformis* (circle).

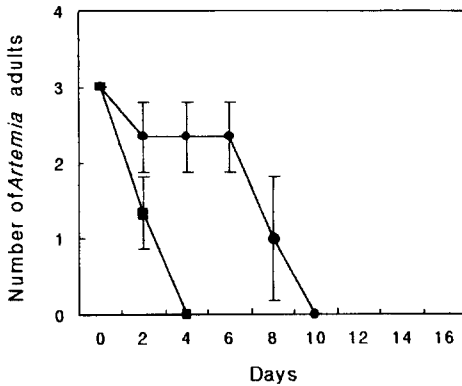


Fig. 2. Total number of *Artemia* nauplii (newly-hatch) in the single culture (square) and mixed with rotifer *B. rotundiformis* (circle).

*Artemia*의 먹이로서 사용한 *N. oculata*는 종묘 생산 과정에서 rotifer의 먹이 생물로서 가장 널리 이용되고 있는 식물 플랑크톤의 한 종류이다. 그러나, *Artemia*도 *N. oculata*를 자신들의 먹이로서 적극적으로 이용하였다. 특히 rotifer의 배양 조에 19일간 양성한 *Artemia*의 성체가 혼재된 경우에는 *Artemia*가 혼재된 직후부터 *Artemia* 성체의 급속한 섭식 활동에 의해서 먹이로서 급이한 *N. oculata*를 단시간내에

소모하여 결국 rotifer의 증식을 크게 방해하여 16 일간의 실험 기간중에는 rotifer의 전멸이 관찰되었다. 반면 두 발생 단계의 *Artemia*도 (유생과 성체) 배양조내의 잔존 먹이량이 제로가 된후 얼마안가서 사망하였다. 한편, *Artemia*의 성체는 단독 배양한 것에 비해 rotifer와 혼합배양함으로써 생존일수가 연장되는 것으로 나타났는데, 이것은 *Artemia*를 rotifer와 혼합배양함으로써 수조내의 배설물의 양이 증가하고, 그 배설물은 다시 *Artemia*가 직접, 간접적으로 이용했다고 추측된다.

현장 종묘 배양 시설의 rotifer 대량 배양조에서 종종 관찰되는 *Artemia*의 혼재는 이 실험 결과를 보면 rotifer의 안정적인 배양과 생산을 저해하는 요인으로 작용할 수 있음을 시사한다. 그리고, 사육중인 해산 치자어의 성공적인 종묘 생산을 위해서는 rotifer의 안정 배양이 필수적으로 따라야 함으로서 이 실험 결과와 같은 rotifer의 안정 배양을 방해할 수 있는 방해요인 (rotifer 증식 억제 요인)에 대해서는 철저한 대책이 강구되어야 한다고 생각된다. rotifer의 대량 배양 과정에서 혼재되는 혼재 동물성 플랑크톤이 rotifer의 증식에 미치는 영향에 대해서는 Jung et al. (1998)과 Hagiwara et al. (1995)에 의해 보고되어 있

며, 원생동물의 *Vorticella* sp.를 제외한 (Jung and Hagiwara, 투고중) 거의 대부분의 혼재생물은 rotifer의 증식을 직접, 간접적으로 억제하는 것으로 알려져 있다. 특히 rotifer의 대량 배양조에 혼재된 원생 동물의 태양충 (*Oxnerella maritima*)은 10^4 cells/ml의 상태에서 같은 배양조에 있던 rotifer를 24시간만에 반수치사 시켰다 (Cheng et al., 1997).

요 약

rotifer의 배양조에 혼재된 *Artemia*가 rotifer의 증식에 미치는 영향을 검토하였다.

실험에는 Koshiki주의 rotifer, *Brachionus rotundiformis*와 미국 샌프란시스코의 Great Salt lake주의 *Artemia* sp.를 사용했다. 그리고 모든 실험은 염분을 22ppt, 배양 온도는 25°C , 먹이로서 *N. oculata*을 2일간격으로 ml당 7×10^5 세포씩 공급하면서, 50ml의 비이커에 *N. oculata* 현탁액을 40ml씩 넣고, rotifer 20마리 그리고 *Artemia*는 3마리씩 각 수조에 수용하여 각 생물들을 단일종 배양한 경우와 혼합 배양한 경우의 증식을 비교하였다.

rotifer와 *Artemia* 유생을 혼합 배양한 경우, 두 생물은 한정된 먹이 *N. oculata* 조건하에서 먹이 경쟁(food competition)을 하였다. 또한, rotifer의 대량 배양조에 *Artemia*의 성체가 혼재된 경우에도 *Artemia* 성체의 급속한 섭식 활동에 의해서 심각한 먹이 부족 현상을 일으켰다. 결국, *Artemia* 성체는 rotifer의 안정적인 생산을 크게 방해하는 rotifer 증식 억제 요인으로서 작용했다. 즉, rotifer을 안정적으로 생산하기 위해서는 종묘 생산 과정에서 유발될 수 있는 *Artemia*의 혼재가 일어나지 않도록 각별한 주의가 필요하다.

참 고 문 헌

Cheng, S.-H., T. Suzaki and A. Hino, 1997. Lethality of the heliozoon *Oxnerella maritima* on the rotifer *Brachionus rotundiformis*.

- Fisheries Science, 63(4) : 543-546.
- Fujita, S., 1972. Importance of zooplankton mass culture in producing marine fish seed for fish farming. Bull. Plankton Soc. Japan, 20(1) : 49-53.
- Dedi, J., T. Takeuchi, T. Seikai, T. Watanabe and K. Hosoya, 1997. Hypervitaminosis a during vertebral morphogenesis in larval japanese flounder. Fisheries Science, 63(3) : 466-473.
- Hanaoka, H., 1973. Cultivation of three species of pelagic micro-crustacean plankton. Bull. Plankton Soc. Japan, 20(1) : 19-29.
- Hirano, R., 1966. Plankton culture and aquatic animals seedling production. Inform. Bull. Planktol. Japan, 13 : 72-75.
- Hagiwara, A., K. Hamada, S. Hori and K. Hirayama, 1994. Increased sexual reproduction in *Brachionus plicatilis* (rotifera) with the addition of bacteria and rotifer extracts. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 181 : 1-8.
- 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(4) : 623-627.
- Jung, M.-M., A. Hagiwara and K. Hirayama, 1998. Interspecific interactions in the marine rotifer microcosm. 385 : 121-126.
- Jung, M.-M. and A. Hagiwara, 1998. Biological application of the ciliate species *Vorticella* sp. for rotifer *Brachionus rotundiformis* stable production. (투고중).
- Kasahara, S., R. Hirano and Y. Ohshima, 1960. A study on the growth and rearing methods of the fry of black porgy, *mylio macrocephalus* (Basilewsky). Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 26(3) : 239-243.
- Sakamoto, K., E. Okimasu and A. Amemura, 1997. Dietary value of the rotifer and the brine shrimp enriched with *Synechocystis* sp. SY-4 as feed for larvae of red sea bream, devil stinger and japanese flounder. Suisanzoshoku, 45(3) : 365-370.
- 北島力, 1981. 블라인슈리മ്പについて. 月刊 養殖 (日本), 18 : 59-65.
- 伏見徹, 1975. 4. 餌料, 稚魚の攝餌と發育. 日本 水産學會編. 恒星社厚生閣, 水産學シリズ 8, 67-83.
- 平野 次郎・大島泰雄, 1963. 海産動物幼生の飼育とその餌料について. 日本水産學會誌, 29(3) : 282-297.