

## Rotifer, *Keratella* sp.의 성장을 위한 최적 염분 및 수온 조건

이배익 · 김신권 · 권오남\* · 박흥기\*\* · 박진철\*\*\*

(국립수산과학원 전락연구단 · \*강릉원주대학교 해양생물연구교육센터 · \*\* 강릉원주대학교)

### The Optimal Salinity and Temperature Condition for the Growth of Rotifer, *Keratella* sp.

Bae-Ik LEE · Shin-Kwon KIM · O-Nam KWON\* · Heum-Gi PARK\*\* · Jin-Chul PARK\*\*\*

(New Strategy Research Center, NFRDI · \*Marine Biology Center for Research and Education,  
Gangneung-Wonju National University · \*\*Gangneung-Wonju National University)

#### Abstract

We investigated the optimum salinity and temperature conditions for the mass culture of small rotifer, *Keratella* sp.. In the salinity experiment ranging from 0-34‰, the population growth of *Keratella* sp. drastically increased continuously up to 15‰, and then slightly increased over 20‰. Their maximum density reached 1,007 inds./mL at 0‰. A pre-reproductive phase was shorter in low salinity than in high salinity. The highest number of offspring per female (10.2 inds.) and lifespan of the female (10.7 days) were obtained at 0‰, but there were no significant differences compared to those at 5‰. In the temperature experiments ranging from 16-32°C, the highest maximum density (1,766 inds./mL) was shown at 24°C. The number of offspring per female significantly increased with increasing temperature, and the highest number of offspring per female was 10.4 inds. at 24°C. The lifespan of female increased with decreasing temperature and the longest lifespan was 12.8 days at 16°C.

**Key words :** Small rotifer, *Keratella* sp., Salinity, Temperature

#### I. 서론

일반적으로 담수 및 해수어류의 인공종묘생산 과정에서 초기 먹이생물로는 rotifer, *Brachionus rotundiformis* (90~210  $\mu$ m, SS-type 혹은 S-type으로 총칭), *B. plicatilis* (130~340  $\mu$ m, L-type으로 총칭), *B. calyciflorus* (211~231  $\mu$ m)를 가장 많이 이용하고 있다(Hur and Park, 1996; Hagiwara et al., 2001). 이러한 종들은 크기가 적당하고 대량배양이 가능하며, 영양강화를 손쉽게 해줄 수 있기

때문에 어류 및 갑각류의 원활한 인공종묘생산을 가능하게 해주고 있다(Lubzens, 1987; Lubzens et al., 1989). 그러나 해수어류 중에서 비교적 고부가 어종인 쥐치 *Stephanolepis cirrhifer* 및 불바리 *Epinephelus akaara*를 포함한 능성어류와 담수어류 35종들은 부화 후 입의 크기가 작기 때문에 이러한 rotifer 들을 정상적으로 섭취하지 못하는 문제점을 가지게 된다(Duray et al., 1997; Kohno et al., 1997; Lim et al., 2003; Chigbu and Suchar, 2006). 따라서 입의 크기가 작거나 식도가 좁은

† Corresponding author : 033-640-2345, telss88@naver.com

\* 이 논문은 2013년 백장어 인공종묘생산 기술 개발 연구지원(RP-2013-AQ-169)에 의하여 수행되었음.

어종들을 위한 새로운 먹이생물의 개발은 반드시 필요하다.

최근 이러한 입의 크기가 작은 어류에 맞는 먹이생물을 개발하기 위해 다수의 연구가 진행 중에 있는데, 그 후보 종으로는 섬모충류, 성게 알, 요각류 유생, 따개비 유생, 이매패류 및 굴 유생 등이 있다(Wullur et al., 2009). 그러나 이러한 후보 종은 질적(영양) 및 양적(대량배양)인 문제가 있기 때문에 아직까지도 널리 이용되고 있지는 못하고 있는 실정이다(Rimmer, 2000).

이러한 관점에서 최근 본 연구진에 의해 발견된 rotifer, *Keratella* sp.는 크기가 90~140  $\mu\text{m}$ 로 기존의 rotifer 보다 상대적으로 작은 형태적 잇점을 가지고 있을 뿐만 아니라, *Brachionus* 속과 같이 단성생식을 행하는 것으로 알려져 있어 대량배양의 가능성이 매우 높은 종이다. 그러나 지금까지 *Keratella* sp.를 수산양식생물의 새로운 먹이생물로 개발하려는 연구사례는 국내·외적으로 매우 미흡한 상태라 할 수 있다. 그렇기 때문에 적정 배양연구가 선행되어 대량배양만 이루어진다면

부화 후 입의 크기가 작은 어류에게 있어 새로운 먹이생물로서 그 이용 가능성은 매우 클 것으로 판단된다.

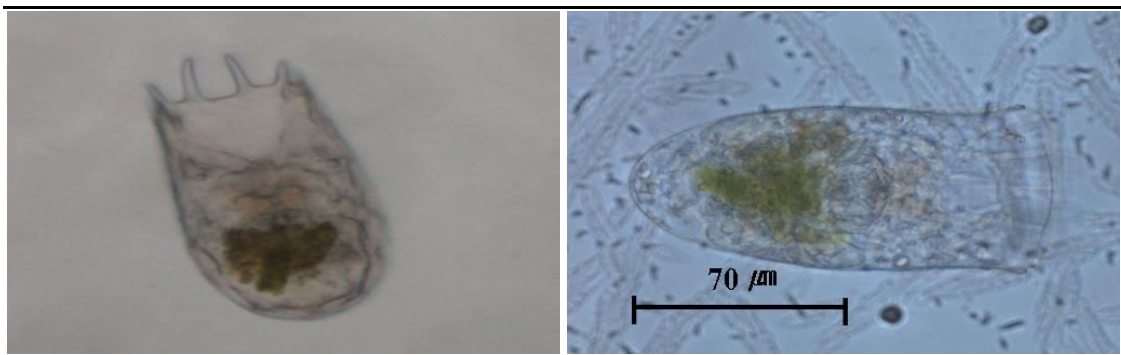
따라서 본 연구는 부화 후 입의 크기가 작은 어류 및 뱀장어와 같이 식도 폭이 좁은 어종의 중요생산에 적용이 가능한 소형 먹이생물을 개발하기 위해 *Keratella* sp. 종의 염분 및 수온에 따른 성장을 조사하였다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 실험재료 및 방법

#### 가. 실험 종

소형 rotifer, *Keratella* sp.의 최적 염분 및 수온을 규명하기 위한 실험은 개체배양과 밀집배양으로 각각 나누어 수행되었다. 본 실험에 사용한 *Keratella* sp.(Fig. 1)는 강원도 속초시 영랑호(2‰)에서 채집하여 순수 분리한 뒤 20℃ 및 15‰ 조건하에서 계대 배양한 후 사용하였다.



[Fig. 1] Microscope of 100× magnifications (left) and 400× magnifications (right) of a female *Keratella* sp.

#### 나. 실험구 및 실험방법

염분별 밀집배양 실험을 위해 0, 5, 10, 15, 20, 25 및 34‰로 각각 맞춰진 배양수 150 mL를 삼각플라스크에 넣고, 여기에 rotifer를 10개체/mL로 접종하여 20℃로 설정된 다채널배양기(EYELA, MTI-202, Japan)에서 행하였다. 먹이는 *Tetraselmis*

*suecica*를 원심분리하여 상등액을 전부 제거한 후 1일 1회로 rotifer 1,000개체 당  $1 \times 10^6$  cells로 공급하였으며, 실험 종료일까지 환수는 하지 않은 채 13일간 3회 반복하여 배양하였다.

개체배양 실험은 밀집배양과 동일한 염분구로 행하여 24-well culture plate (배양수 1 mL)에 갖

부화한 *Keratella* sp.의 neonate를 한 마리씩 접종한 후 이들의 발달단계, 생식기간, 산란수 및 수명을 조사하였다. 먹이공급량은 *T. suecica*를 개체당 3×10<sup>3</sup> cells로 공급하였다.

수온별 밀집배양 실험은 16, 20, 24, 28 및 32°C로 조절된 다채널배양기에서 250 mL 삼각플라스크(배양수 150 mL)에 15%의 배양수를 준비하여 개체밀도가 5개체/mL가 되도록 접종한 뒤 행하였다. 먹이는 *T. suecica*를 원심분리하여 1일 1회 6×10<sup>5</sup> cells로 공급하였으며 실험은 11일간 3회 반복하였다. 개체배양 실험은 밀집배양과 동일한 실험구로 행하였으며, 그 외 실험조건은 염분별 개체배양 실험과 동일하였다.

*Keratella* sp.의 염분 및 수온별 밀집배양 실험에서 성장률(Specific growth rate, SGR)은 Rico-Martinez and Dodson (1992)의 방법에 따라 계산하였고[SGR= (1/T) ln(NT/N0) (T= 접종 이후 *Keratella* sp.가 최고밀도에 도달하기까지의 배양일수; NT= T days의 *Keratella* sp. 개체밀도; N0= *Keratella* sp.의 접종밀도)], 매일 개체수와 포란수를 조사하여 배양밀도 및 포란율(fecundity)을 구하였다.

개체배양 실험은 계대 배양되던 *Keratella* sp. 중 난을 달고 다니는 암컷을 따로 분리 수용하여 30분 간격으로 갓 부화된 개체를 확인한 뒤, 24-well culture plate에 한 마리씩 접종하여 폐사할 때까지 관찰하였다. 실험기간은 각각의 암컷이 폐사하는 시기까지로 하여 부화 시부터 첫 번째 알을 달게 되는 시간까지를 생식 전 단계(pre-reproductive phase), 첫 번째 알을 달 때부터 생존기간 내에 마지막 알이 부화할 때까지를 순생식 단계(reproductive phase), 마지막 알이 부화한 후부터 개체가 폐사하기까지를 생식 후 단계(post-reproductive phase), 암컷의 수명(lifespan) 및 생존기간 동안의 총 산란수(offspring)로 각각 구분하여 관찰하였다. 생식 전 단계는 1시간 간격으로 관찰하였으며, 이후부터는 12시간 간격으로

조사를 하여 일일 단위로 환산하였다.

실험결과는 one-way ANOVA test를 실시 후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)를 실시하여 처리 평균 간의 유의성(P<0.05)을 SPSS Version 21 (SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA) program으로 검정하였다.

### III. 결 과

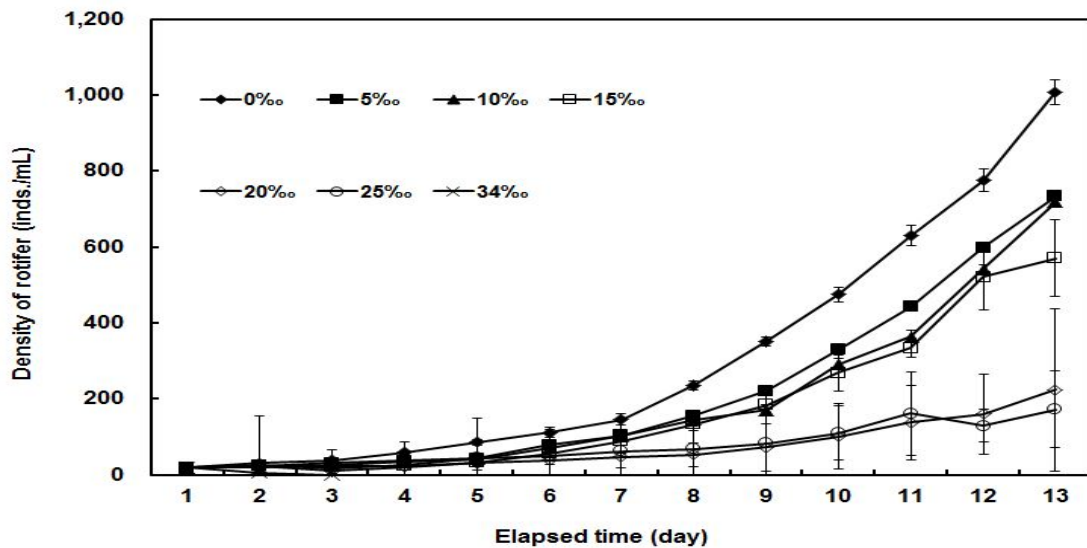
염분별에 따른 *Keratella* sp.의 밀집배양에서 개체 성장 및 포란율은 <Table 1>과 [Fig. 2]에 나타내었다. 최고밀도는 0%에서 1,007개체/mL로 다른 실험구보다 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 그 뒤로 5, 10%이 각각 733, 718개체/mL로 높게 나타났으나 비교적 고염분인 20 및 25%의 실험구는 각각 224, 172개체/mL로 다른 실험구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다(P<0.05). 한편, 34%는 실험 3일째 전량 폐사하는 것으로 나타났다. 최고밀도까지의 평균 포란율 및 개체 성장률(SGR)은 염분이 증가할수록 유의적으로 낮아지는 경향을 보였다(P<0.05).

한편, 염분에 따른 *Keratella* sp.의 개체배양에서 발달단계, 산란수 및 수명을 <Table 2>에 나타내었다. 생식 전 단계는 염분이 낮을수록 유의적으로 단축되는 경향을 보여 0, 5 및 10%에서 2.3~2.4일로 가장 단시간에 첫 번째 알을 포란하였다(P<0.05). 순 생식 단계는 0%에서 10.0일로 가장 길게 나타났으나 5 및 10%와 유의적인 차이는 보이지 않았다(P>0.05). 다만 염분 상승과 같이 유의적으로 짧아지는 경향을 보여 34%에서 2.1일로 가장 낮게 나타났다(P<0.05). 생식 후 단계는 20%를 제외한 모든 실험구에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 암컷 당 산란수 및 수명은 염분이 낮아질수록 높아지는 경향을 보여 0%에서 각각 10.2개체, 10.7일로 가장 높게 나타났으나 34%은 각각 0.2개체, 4.2일로 가장 낮은 것으로 조사되었다(P<0.05).

<Table 1> Maximum density, fecundity and SGR of *Keratella* sp. Youngrangho-lake strain cultured at the different salinities\*

Salinity (‰)	Maximum density (inds./mL)	Fecundity (%)	Specific growth rate (SGR)
0	1,007±20.5 <sup>c</sup>	37.9±0.78 <sup>c</sup>	0.53±0.000 <sup>c</sup>
5	733±28.1 <sup>d</sup>	38.6±0.05 <sup>c</sup>	0.55±0.000 <sup>c</sup>
10	718±47.1 <sup>d</sup>	36.8±0.48 <sup>c</sup>	0.50±0.000 <sup>c</sup>
15	570±70.7 <sup>c</sup>	38.9±0.11 <sup>c</sup>	0.53±0.020 <sup>c</sup>
20	224±136.7 <sup>b</sup>	26.0±0.44 <sup>b</sup>	0.33±0.080 <sup>b</sup>
25	172±30.6 <sup>b</sup>	24.4±0.53 <sup>b</sup>	0.39±0.040 <sup>b</sup>
34	20±1.0 <sup>a</sup>	0.00±0.00 <sup>a</sup>	0.00±0.000 <sup>a</sup>

\*Values (mean±S.D) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).



[Fig. 2] Population growth of *Keratella* sp. cultured at the different salinities. Refer to <Table 1>

<Table 2> The developmental phase, offspring and lifespan of *Keratella* sp. Youngrangho-lake strain cultured with *Tetraselmis suecica* at the different salinities\*

Salinity (‰)	Pre-reproductive phase (day)	Reproductive phase (day)	Post-reproductive phase (day)	Offspring (ind.)	Lifespan (day)
0	2.3±0.25 <sup>a</sup>	10.0±0.56 <sup>cd</sup>	0.7±0.32 <sup>a</sup>	10.2±0.44 <sup>c</sup>	10.7±0.24 <sup>d</sup>
5	2.3±0.15 <sup>a</sup>	9.8±0.76 <sup>c</sup>	0.7±0.26 <sup>a</sup>	8.9±0.85 <sup>de</sup>	10.4±0.03 <sup>d</sup>
10	2.4±0.10 <sup>a</sup>	8.8±0.56 <sup>c</sup>	0.6±0.19 <sup>a</sup>	8.5±0.62 <sup>d</sup>	9.0±0.32 <sup>bc</sup>
15	2.7±0.15 <sup>b</sup>	7.3±0.45 <sup>ab</sup>	0.9±0.36 <sup>a</sup>	6.3±0.18 <sup>c</sup>	8.7±0.03 <sup>bc</sup>
20	3.0±0.13 <sup>bc</sup>	6.5±0.64 <sup>b</sup>	2.0±0.53 <sup>c</sup>	3.5±0.47 <sup>b</sup>	8.1±0.36 <sup>b</sup>
25	3.1±0.23 <sup>c</sup>	6.2±0.73 <sup>b</sup>	0.8±0.29 <sup>a</sup>	2.8±1.15 <sup>b</sup>	7.4±1.03 <sup>b</sup>
34	3.2±0.29 <sup>c</sup>	2.1±0.38 <sup>a</sup>	1.1±0.22 <sup>ab</sup>	0.2±0.15 <sup>a</sup>	4.2±0.88 <sup>a</sup>

\*Values (mean±S.D) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

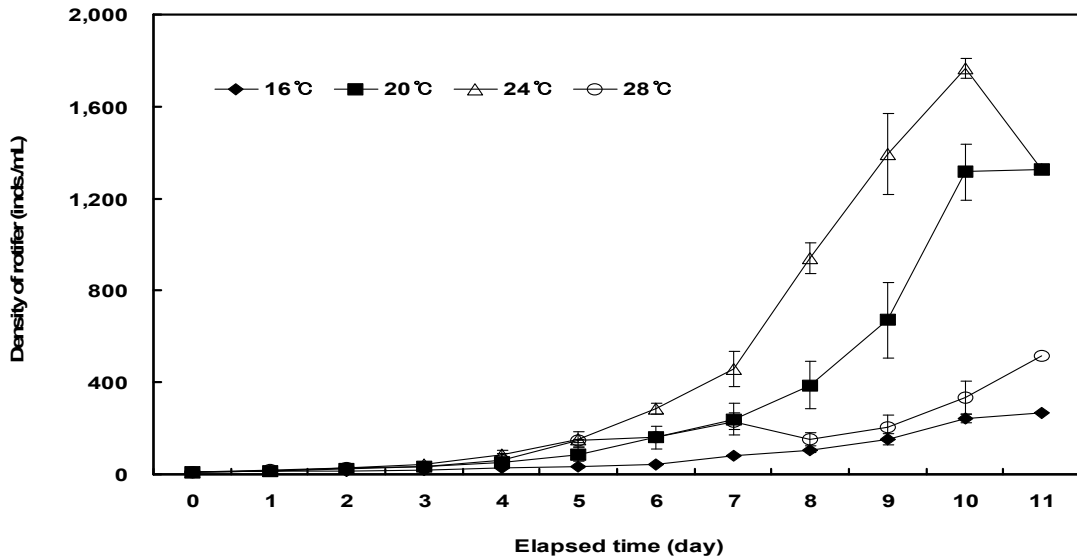
수온별에 따른 *Keratella* sp.의 밀집배양에서 개체 성장과 포란율은 <Table 3>과 [Fig. 3]에 나타내었다. 최고밀도는 24°C에서 1,766개체/mL로 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 반면 32°C는 실험 2일째 전량폐사 하는 것으로 나타났다. 최고

밀도까지의 평균 포란율은 모든 실험구간에서 43.0~48.3%로 높게 조사되었으며, SGR은 16 및 32°C를 제외한 나머지 3개 실험구간에서 높은 것으로 나타났다(P<0.05).

<Table 3> Maximum density, fecundity and SGR of *Keratella* sp. Youngrangho-lake strain cultured at the different temperatures\*

Tem. (°C)	Maximum density (inds./mL)	Fecundity (%)	Specific growth rate (SGR)
16	269±25.2 <sup>b</sup>	43.0±2.42 <sup>b</sup>	0.48±0.021 <sup>b</sup>
20	1,324±165.0 <sup>d</sup>	48.3±1.38 <sup>c</sup>	0.61±0.033 <sup>c</sup>
24	1,766±175.5 <sup>e</sup>	41.9±1.60 <sup>b</sup>	0.66±0.036 <sup>c</sup>
28	516±72.5 <sup>c</sup>	43.1±8.48 <sup>bc</sup>	0.75±0.384 <sup>e</sup>
32	10±0.00 <sup>a</sup>	0.0±0.00 <sup>a</sup>	0.00±0.000 <sup>a</sup>

\*Values (mean±S.D) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).



[Fig. 3] Population growth of *Keratella* sp. cultured at the different temperatures. Refer to <Table 3>

한편, 수온에 따른 *Keratella* sp.의 개체배양에서 발달단계, 산란수 및 수명을 <Table 4>에 나타내었다. 수온별 개체배양에서의 생식 전 단계는 수온이 높을수록 유의적으로 단축되는 경향을 보여 24 및 28°C에서 1.5~1.6일로 가장 짧게 나타

났다(P<0.05). 순 생식 단계는 16°C에서 9.2일로 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 수온 상승과 더불어 유의적으로 짧아지는 경향을 보여 28°C에서 3.8일로 낮게 조사되었다(P<0.05). 생식 후 단계는 모든 실험구에서 각각 0.9~1.2일로 유의적인

차이를 보이지 않았다( $P>0.05$ ). 수온에 따른 암컷 당 산란수는 24℃에서 10.4개체로 가장 높게 나타났으며, 수명은 16℃에서 12.8일로 유의적으로

가장 높았다( $P<0.05$ ). 다만 32℃ 실험구는 군집배양과 마찬가지로 접종 2일만에 모두 폐사하였기에 결과 값으로 이용하지 못하였다.

<Table 4>. The developmental phase, offspring and lifespan of *Keratella* sp. Youngrangho-lake strain cultured with *Tetraselmis suecica* at the different temperatures\*

Tem. (°C)	Pre-reproductive phase (day)	Reproductive phase (day)	Post-reproductive phase (hour)	Offspring (ind.)	Lifespan (day)
16	3.6±0.82 <sup>c</sup>	9.2±0.30 <sup>d</sup>	1.0±0.18 <sup>a</sup>	5.6±0.31 <sup>b</sup>	12.8±0.13 <sup>d</sup>
20	2.3±0.27 <sup>b</sup>	7.2±0.42 <sup>c</sup>	1.2±0.17 <sup>a</sup>	8.5±0.52 <sup>c</sup>	9.7±0.29 <sup>c</sup>
24	1.6±0.29 <sup>a</sup>	5.6±0.26 <sup>b</sup>	1.2±0.18 <sup>a</sup>	10.4±0.22 <sup>d</sup>	7.4±0.15 <sup>b</sup>
28	1.5±0.24 <sup>a</sup>	3.8±0.14 <sup>a</sup>	0.9±0.10 <sup>a</sup>	0.8±0.10 <sup>a</sup>	4.1±0.10 <sup>a</sup>
32	-	-	-	-	-

\*Values (mean±S.D) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

#### IV. 고찰

어류 자어의 먹이생물로서 이용되기 위해서는 무엇보다도 대량배양이 가능해야 하기에 그들의 배양조건을 규명하는 일은 매우 중요하다. 일반적으로 대량배양을 행하기 위해서는 염분, 수온, 먹이종류 및 공급량 등과 같은 다양한 환경요인들을 규명해야만 한다. 이러한 맥락에서 본 연구도 소형 rotifer인 *Keratella* sp.를 어류 양식산업의 새로운 먹이생물로 적용시켜 보고자 대량배양을 위한 환경규명의 일환으로 우선 수온과 염분에 따른 성장을 조사하였다.

본 연구에서 염분은 분명 *Keratella* sp.의 성장 및 생식에 영향을 주는 것으로 나타났다. 우선, 밀집배양에서 최고밀도는 0‰ 가장 높게 나타났으나 25‰까지도 성장은 이루어지는 것으로 조사되었다. 다만, 자연해수인 34‰에서는 성장은 이루어지지 않는 것으로 보아 순수한 해수산 종은 아니며 단지 내성력이 강한 광염성 종이라는 사실을 알 수 있었다. 이는 최고밀도까지의 평균 포란율 및 개체성장률(SGR)을 통해서도 다시 한번 확인할 수 있는 것으로 자연해수인 34‰를 제외한 0~25‰까지도 생식 및 성장이 가능한 것으로 나타났다. 또한 본 연구에서는 염분이 증가할

수록 최고밀도까지의 평균 포란율과 개체성장률 값은 점차 낮아지는 경향을 보였는데, 이러한 경향은 rotifer를 대상으로 실시한 타 연구결과와 유사하게 나타났다. Yin and Zhao (2008)에 의하면 *B. plicatilis*에 있어 염분 상승은 포란율 및 성장률의 저하로 이어진다고 하였으며, 그렇기 때문에 *B. plicatilis*를 대량배양 하기 위해서는 비교적 낮은 기수 염분인 10~20‰가 적정하다는 보고가 있다(Miracle and Serra, 1989). 또한 Chigbu and Suchar (2006)는 소형 rotifer인 *Colurella dicentra*를 20, 25, 30, 35‰로 배양했을 때 20‰에서 가장 높은 개체밀도와 성장률을 보인다고 하였으며, rotifer, *Synchaeta cecilia valentina* 및 *S. littoralis*도 고염분의 실험구보다 저염분의 실험구에서 개체 성장은 높아진다고 하였다(Oltra and Todoli, 1997; Bosque et al., 2001).

한편, 염분에 따른 개체배양에서 neonate가 성숙하여 첫 번째 알을 포란하기 전까지의 생식 전 단계는 염분이 높아질수록 길어지는 경향을 보여 20~34‰에서 평균 3.0~3.2일이 소요되는 것으로 조사되었다. 그 외 순 생식단계, 산란수 및 수명도 유사한 경향을 보이는 것으로 나타났는데, 이는 다수의 연구결과와 동일하게 나타난 것이다. Park and Park (2008)에 의하면, 초소형 rotifer, *S.*

*kitina*는 염분이 증가할수록 생식 전 단계의 기간은 길어지며, 그 외 순 생식 단계, 산란수 및 수명은 작아진다고 하였다. 또한 Wullur et al. (2009)는 소형 rotifer, *Proales similis*를 2, 15, 25‰로 개체배양 했을 때 산란수는 저염인 2‰에서 가장 높은 것으로 나타났고, *S. littoralis*도 저염분일수록 수명과 산란수가 높아진다고 하였다 (Bosque et al., 2001). 이처럼 염분이 낮아질수록 생식기간, 산란수 및 수명이 높은 것은 아마도 에너지 요구량과 먹이 섭취율에 따른 차이 때문이라 판단된다. Miracle and Serra (1989)에 의하면, 염분이 높아질수록 rotifer는 삼투압 조절에 더욱 많은 에너지를 요구하게 되며, 고염분일수록 먹이의 여과 섭취율은 떨어진다고 보고하였다 (Hirayama and Ogawa, 1972). 다시 말하면, 고염분일수록 생존을 위해 더욱 많은 에너지를 삼투압 조절에 소모하며, 그로 인해 생식과 수명 유지에는 원하는 만큼의 에너지 요구량을 충족시키지 못해 결국 낮아진다. 또한 염분이 높아질수록 먹이 여과섭식률은 낮아지는 만큼 그 에너지 요구량은 더욱 못 미치기 때문에 이러한 경향은 뚜렷하게 나타난다. 본 실험에서도 이러한 영향 때문에 0‰ 실험구를 포함한 저염분의 실험구가 고염분의 실험구보다 높은 성장과 생식을 보였던 것으로 판단된다.

한편, 수온은 rotifer의 성장과 생식에 많은 영향을 미친다고 알려져 있다(Galkovskaya, 1987). Kang et al. (1997)에 의하면 *B. calyciflorus*의 최적 성장 수온은 22~25℃이며 수온이 올라가게 되면 성장은 저하된다고 보고하였으며, Rico-Martinez and Dodson (1992)은 수온이 높아질수록 *B. calyciflorus*의 증식률이 오히려 높게 나타나기 때문에 30℃가 증식을 위한 가장 적절한 수온대라 보고하였다. 또한 Park (1998)은 *B. plicatilis*의 최적 성장은 20~25℃이며, *B. rotundiformis*는 비교적 높은 30℃라고 보고하였다. 이처럼 각기 다른 rotifer나 동일한 종일지라도 strain에 따라서 적정 수온대는 모두 다르게 나타나기에 대량배양을 행

하기 위해서는 배양 가능한 수온범위를 반드시 규명해야만 한다. 본 실험종인 *Keratella* sp.의 경우, 밀집배양에서 최고밀도는 24℃에서 가장 높은 개체밀도를 보이는 것으로 나타나 *B. plicatilis*의 적정 수온대와 유사한 것으로 나타났다. 일반적으로 수온의 증가는 rotifer의 생식주기를 변화시키며(Miracle and Serra, 1989), 대사작용 및 발달 단계를 촉진시키는 것으로 알려져 있다(Hirayama and Rumengan, 1993). 본 실험에서도 수온 증가에 따라 개체밀도 및 개체성장률은 증가하는 것으로 나타나 수온 증가가 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 32℃에서는 전량 폐사하는 것으로 나타났기 때문에 본 종을 대량배양하기 위해서는 24℃가 적정 수온이라 판단된다.

본 수온별 개체배양에서 생식 전 단계의 기간은 수온이 증가할수록 단축되는 경향을 보여 여러 연구자료와 유사한 것으로 나타났다(Oltra and Todol, 1997; Bosque et al., 2001; Athibai and Sanoamuang, 2008; Park and Park, 2008). 또한 대량배양에 있어 중요한 요인인 암컷 당 산란기간, 산란수 및 수명도 수온이 낮아질수록 높아지는 경향을 보였다. 이러한 경향은 수온에 따른 신진대사율의 차이로 수온이 결국 rotifer의 성장 및 생식에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 판단되어진다(Miracle and Serra, 1989). Park and Park (2008)에 의하면, *S. kitina*를 수온 16, 20, 24, 28 및 32℃로 개체배양 할 때 산란기간, 산란수 및 수명은 16℃에서 각각 3.6일, 9.2개체, 5.5일로 다른 실험구인 0.9~2.6일, 0.8~7.6개체, 2.2~4.7일보다 높은 것으로 나타났다. 또한 *B. angularis*도 20, 25 및 30℃로 개체배양 했을 시 산란기간과 수명은 20℃에서 높았으며(Ogata et al., 2011), *B. calyciflorus*도 25℃가 고온인 30℃에 비해 높은 산란수와 생식기간을 보였다(Awiss and Kestemont, 1992). 아울러, Bosque et al. (2001)에 의하면, *S. littoralis*의 산란수와 수명은 25℃(4.4~4.7일, 7.0~7.8개체)보다 20℃(6.3~7.3일, 8.5~9.1개체)에서 높았으며, Oltra and Todol (1997)의 *S. cecilia valentina*도 24℃

(3.2~4.7일, 2.1~6.2개체)에 비해 20℃ (4.0~5.3일, 5.6~7.9개체)에서 보다 높은 값을 보인다고 하였다. 본 실험에서도 28 및 32℃에 비해 상대적으로 낮은 24℃에서 높은 산란기간, 산란수 및 수명을 보였기에 24℃ 이상의 고온에서는 대량배양 하기에 부적합한 것으로 판단된다. 다만, 저온인 16 및 20℃에서는 밀집배양 및 개체배양의 결과 값이 24℃에 비해 낮았기 때문에 본 종을 대량배양 하기에 적합한 최적 수온은 24℃라 판단되어진다.

본 연구를 종합해 볼 때, *Keratella* sp.의 최적 염분 조건은 0‰이었으나 5~10‰에서도 높은 개체밀도가 나타났기 때문에 본 연구종을 담수 및 해수 양식산업 현장에 모두 이용할 수 있는 매우 유용한 먹이생물 종으로 판단된다. 또한 수온별 개체배양에서 암컷 당 산란수 및 산란기간은 최적 조건이었던 24℃에서 각각 10.4개체, 5.6일로 이는 전 세계적으로 널리 이용되고 있는 해산 rotifer, *B. rotundiformis*의 11.8개체, 6.8일(Somamihardja and Bart, 2008)와 비슷하였다.

이상의 결과로부터 본 *Keratella* sp.는 최고 사육밀도가 1,766개체/mL로 고밀도 배양이 가능하고, 염분 농도 변화에 대한 적응성이 높아 앞으로 계대배양기술에 대한 연구가 확보된다면 부화 후 입의 크기가 작은 해산 및 내수면 어종의 새로운 먹이생물로서 이용 가능성이 매우 클 것으로 판단된다.

## Reference

- Athibai, S. & Sanoamuang, L.A. O.(2008). Effect of temperature on fecundity, life span and morphology of long- and short-spined clones of *Brachionus caudatus* f. *apsteini* (Rotifera). Internat. Rev. Hydrobiol., 93, 690~699.
- Awass, A. & Kestemont, P.(1992). An investigation into the mass production of the freshwater rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas, 2. Influence of temperature on the population dynamics. Aquaculture, 105, 337~344.
- Bosque, T., Hernández, R., Pérez, R., Todoli R. & Oltra, R.(2001). Effects of salinity, temperature and food level on the demographic characteristics of the seawater rotifer, *Synchaeta littoralis* Rousselet, J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 258, 55~64.
- Chigbu, P. & Suchar, V. A.(2006). Isolation and culture of the marine rotifer, *Colurella dicentra* (Gosse, 1887), from a mississippi gulf coast estuary, Aquacul. Res., 37, 1400~1405.
- Ducan, D. B.(1955). Multiple-range and mutiple F tests. Biometrics, 11, 1~42.
- Duray, M. N., Estudillo, C. B. & Alpasan, L. G.(1997). Larval rearing of the grouper *Epinephelus suillus* under laboratory conditions, Aquaculture, 150, 63~76.
- Galkovskaja, G. A.(1987). Planktonic rotifers and temperature, Hydrobiologia, 147, 307~317.
- Hagiwara, A., Gallardo, W. G., Assavaaree, M., Kotani, T. & de Araujo, A. B.(2001). Live food production in Japan: recent progress and future aspects, Aquaculture, 200, 111~127.
- Hirayama, K. & Ogawa, S.(1972). Fundamental studies on physiology of rotifer for its mass culture. I. Filter feeding of rotifer. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 38, 1207~1214.
- Hirayama, K. & Rumengan, I. F. M.(1993). The fecundity patterns of S and L type rotifers of *Brachionus plicatilis*, Hydrobiologia, 255/256, 153~157.
- Hur, S. B. & Park, H. G.(1996). Size and resting egg formation of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* and *B. calyciflorus*, J. Aquaculture, 9, 187~194.
- Kang, E. J., Lee, B. I. & Kim, E. O.(1997). Biological characteristics and growth of the Korean freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* at various temperatures, J. Aquacult., 10, 449~456.
- Kohno, H., Ordonio-Aguilar, R. S., Ohno, A. & Taki, Y.(1997). Why is grouper larval rearing difficult?: an approach from the development of the feeding apparatus in early life stage larvae of the grouper, *Epinephelus coioides*, Ichthyol. Res., 44, 267~274.
- Lim, L. C., Dhert, P. & Sorgeloos, P.(2003). Recent developments in the application of five feeds in the freshwater ornamental fish culture, Aquaculture,



- 227, 319~331.
- Lubzens, E.(1987). Rasing rotifers for use in aquaculture, *Hydrobiologia*, 147, 245~255.
- Lubzens, E., Tandler, A. & Minkoff, G.(1989). Rotifers as food in aquaculture, *Hydrobiologia*, 186/187, 387~400.
- Miracle, M. R. & Serra, M.(1989). Salinity and temperature influence in rotifer life history characteristics, *Hydrobiologia*, 186/187, 81~102.
- Ogata, Y., Tokue, Y., Yoshikawa, T., Hagiwara, A. & Kurokura, H.(2011). A Laotian strain of the rotifer *Brachionus angularis* holds promise as a food source for small-mouthed larvae of freshwater fish in aquaculture, *Aquaculture*, 312, 72~76.
- Oltra, R. & Todol, R.(1997). Effects of temperature, salinity and food level on the life history traits of the marine rotifer, *Synchaeta cecilia valentina*, n. subsp. *J. Plankton Res.*, 19, 693~702.
- Park, H. G.(1998). Growth and production of resting eggs of freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas at the different temperatures, *J. Kor. Fish. Soc.*, 31, 779~784.
- Park, J. C. & Park, H. G.(2008). The optimal salinity and temperature condition for growth of the ultra-small rotifer *Synchaeta kitina*, *J. Aquaculture*, 21, 70~75.
- Rico-Martinez, R. & Dodson, S. I.(1992). Culture of the rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas, *Aquaculture*, 105, 191~199.
- Rimmer, M.(2000). Review of grouper hatchery technology, *SPC Live Reef Fish Inform. Bull*, 6, 14~15.
- Somamihardja, A. & Bart, A.(2008). Characterization of small-size egg-bearing Thai ss-strain rotifers. *Brachionus rotundiformis* and their first offspring, *J. World Aquacul. Soc.*, 39, 528~534.
- Wullur, S., Sakakura Y. & Hagiwara, A.(2009). The minute monogonont rotifer *Proales similis* de Beauchamp: culture and feeding to small mouth marine fish larvae, *Aquaculture*, 293, 62~67.
- Yin, X. W. & Zhao, W.(2008). Studies on life history characteristics of *Brachionus plicatilis* O.F. Muller (Rotifera) in relation to temperature, salinity and food algae, *Aquat. Ecol.*, 42, 165~176.
- 
- 논문접수일 : 2013년 09월 12일
  - 심사완료일 : 1차 - 2013년 10월 10일
  - 게재확정일 : 2013년 10월 11일