

수온에 따른 담수산 Rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas의 성장과 내구란 생산

박 흠 기
강릉대학교 해양생명공학부

Growth and Production of Resting Eggs of Freshwater Rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas at the Different Temperatures

Huem Gi PARK

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

The specific growth rate and production of resting egg of the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas was investigated at the different temperatures (20~30°C). The rotifer was cultured in 250 ml flask and fed on concentrated freshwater *Chlorella*.

Specific growth rate of *B. calyciflorus* showed higher rate at higher temperature, but maximum density was observed higher at lower temperature, expect at 20°C. The production of resting egg with temperature was showed decrease on the basis on 26°C. The highest number of resting egg per ml and rotifer 10⁴ were 157 eggs and 810 eggs at 26°C, respectively. This result shows that the optimum temperature for mass culture and resting egg production of this freshwater rotifer were 30°C and 26°C, respectively.

Key words: freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus*, resting egg, specific growth rate

서 론

최근 우리 나라의 토종 담수어종은 각종 건설과 도시 하수, 산업 및 축산폐수에 의한 환경오염으로 멸종의 위기에 처해 있으며, 식수원 보호에 따른 호수에서의 가두리 양식시설 금지로 담수 양식 산업은 매우 위축되고 있는 실정이다. 이러한 현실상황에서 담수어종의 보존과 관상어 및 식용어으로써 이용 가능한 고급어종에 대한 양식이 산업적으로 발전하기 위해서는 우선 인위적인 종묘의 계획적인 수급이 가능하여야하며, 이 경우 인위적인 번식제어기술과 더불어 유생초기의 동물먹이생물의 질적 및 양적 확보는 매우 중요한 과제이다.

따라서 최근 담수 어류 및 갑각류의 초기 동물 먹이 생물로 이용하기 위하여 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*의 대량배양을 위한 연구가 수행되고 있다(Kang et al., 1997; Awaiss et al., 1992; Awaiss and Kestemont, 1992; Guisande and Mazuelos, 1991; Rico-Martinez and Dodson, 1992; Bennett and Boraas, 1988; Mitchell and Joubert, 1986). 그리고 rotifer의 유성생식에 의해 형성된 내구란은 종의 유전적 형질을 효율적으로 보관하며, 대량 배양용 seed로도 이용할 수 있다(Hur and Park, 1996a).

또한 *Artemia* cyst처럼 쉽게 부화시켜 자어에 직접 먹이로 공급되고 내구란에서 갓 부화한 rotifer를 생태독성학의 실험재료로 이용할 수 있는 여러 가지 장점을 가지고 있기 때문에(Hagiwara and Hirayama, 1993; Hagiwara et al., 1993a,b; Hur and Park, 1996b; Snell and Janssen, 1995), 해산 유용동물의 종묘생산시 많이 이용되고 있는 해수산 rotifer, *Brachionus plicatilis* (예전엔 L-type로 호칭)와 *B. rotundiformis* (예전엔 S-type로 호칭)를 중심으로 내구란 생산에 관한 많은 연구가 수행되었다.

일반적으로 해수산 rotifer의 성장과 내구란 생산에는 수온이 많은 영향을 미치는 것으로 보고 되었다(Hino and Hirano, 1984; Snell and Hoff, 1985; Hagiwara et al., 1988a; Hagiwara and Lee, 1991; Park and Hur, 1996). Kang et al. (1997)에 의하면 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*의 대량배양을 위한 최적 성장 수온은 22~25°C였고 수온이 높을수록 성장은 감소하는 경향을 보였다. 그러나 Rico-Martinez and Dodson (1992)은 수온이 높을수록 성장이 높다고하여 수온에 따라 담수산 rotifer의 성장에 다소 상반된 연구결과를 보였다. 그리고 *B. calyciflorus*는 내구란을 생산하는 것으로 보고되었지만(Gilbert, 1963) 내구란 생산을 위한 최적 수온에 관한 연구

이 연구는 1998학년도 강릉대학교 학술연구비의 지원에 의하여 수행되었음.

는 미진한 실정이다. 그래서 본 연구에서는 국내 메기 양어장에서 분리한 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*의 대량 배양 및 내구란 생산을 위한 최적 수온을 조사하였다.

재료 및 방법

본 실험에 이용한 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*는 전라남도 옥구군 메기양식장 (O-C strain)에서 순수분리 (Hur and Park, 1996a)하여 28°C에서 생산된 내구란을 6개월간 냉장 보관한 후 실험에 이용하였다.

내구란은 27°C, 3,000 lux조건에서 부화시켰으며 갓 부화한 rotifer를 250 ml 삼각플라스크 (배양수 200 ml)에 초기 접종밀도를 5개체/ml로 하였다. 실험구는 수온 20, 22, 24, 26, 28, 30°C로 하였으며, 먹이로 담수산 농축 *Chlorella* (*Chlorella* Ind. Co. Ltd., Japan)를 공급하였고, 수온에 따라 rotifer의 먹이섭취량은 다르게 나타남으로 먹이 공급량은 예비실험에서 밝혀진 각 수온구별 *Chlorella* 섭취량을 적용하였다. 각 수온별 먹이공급량은 20°C에서 7×10^4 cells/개체/일, 22°C에서 12×10^4 cells/개체/일, 24°C에서 17×10^4 cells/개체/일, 26°C에서 22×10^4 cells/개체/일, 28°C에서 27×10^4 cells/개체/일, 30°C에서는 32×10^4 cells/개체/일로 하였다. 먹이는 1회/day로 공급하였고, 1일 2회 배양용기를 흔들어 주고 실험은 3반복으로 실시하였다.

유성생식률, 수정률, 10⁴ rotifer당 내구란 생산 및 *Chlorella* 10⁸ cells당 내구란 생산은 Hagiwara et al. (1988a)의 방법에 따라 계산하였다. 그리고 배양기간 중 rotifer의 최고밀도 (개체수/ml)와 성장률 (specific growth rate, r)를 조사하였다. [$r = (1/T) \ln (N_T/N_0)$ (T=접종이후 rotifer가 최고밀도에 도달하기까지의 배양일수; $N_T = T$ days의 rotifer 최고 밀도; N_0 =rotifer 접종밀도)]. 또한 각 실험구에서 rotifer가 최고밀도에 도달한 후 감소되는 날에 실험을 종료하였다.

수온에 대한 *B. calyciflorus*의 최고밀도, 성장률, 유성생식률, 내구란 생산에 대한 실험 결과는 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성 ($P < 0.05$)을 SPSS (SPSS Inc., 1997) program (Ver. 7.5)으로 검정하였다.

결 과

수온에 따른 *B. calyciflorus*의 최고밀도는 수온 22°C와 24°C에서 2,606.7 개체/ml로 가장 높게 나타났다. 24°C이상에서는 수온이 높을수록 최고밀도는 감소하며 배양일수도 짧게 나타나는 경향을 보였으나 성장률은 높아지는 경향을 보여, 30°C에서 1.380로 가장 높게 나타났다 (Table 1). 유성생식률은 26°C에서 14.9%로 가장 높은 것으로 나타났으며, 22°C와 24°C에서 각각 10.8%와 11.7%로 나타났다. 그러나 이들 서로간에서의 유의적인 차이는 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 28°C 및 20°C에서는 각각 8.3% 및 6.7%로 비교적 낮게 나타났다. 수정률은 모든 실험구간에서 70.5~85.7%로 나타났으며 유의적인 차이는 없었다 ($P > 0.05$).

일일 내구란 생산은 수온 26°C실험구에서 가장 높은 17.5개/ml/day로 나타났고, 총 내구란 생산도 수온 26°C에서 157개/ml로 가장 높았다. 26°C이상 또는 이하의 수온에서는 일일내구란 생산과 총 내구란 생산은 낮아지는 경향을 보였다. Rotifer 10⁴개체당 내구란 생산은 26°C에서 811개/ml로 가장 높게 나타났고 수온이 증가할수록 낮게 나타났지만 이들 서로간의 유의적인 차이는 없었다 ($P > 0.05$). 또한 26°C이하에서는 수온이 낮을수록 내구란 생산은 낮게 나타났다. 담수산 *Chlorella* 10⁸ cells당 내구란 생산은 수온 26°C에서 17.3개/ml로 가장 높게 나타났고 수온이 높아질수록 낮아지는 경향을 보였지만 유의적인 차이는 없었다 ($P > 0.05$). 또한 26°C이하에서는 수

Table 1. Growth and sexual reproduction of the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* cultured at the different temperatures*

Temperature (°C)	Culture days	Maximum density (inds./ml)	Specific growth rate (r)	Mixis rate (%)	Fertilization rate (%)
20	12.3 ± 0.6	1,693.3 ± 141.54 ^b	0.513 ± 0.0120 ^a	6.7 ± 2.78 ^a	85.7 ± 6.26 ^a
22	10.0 ± 0.0	2,606.7 ± 94.52 ^c	0.697 ± 0.0033 ^{ab}	10.8 ± 2.35 ^{ab}	70.5 ± 14.50 ^a
24	10.0 ± 1.0	2,606.7 ± 70.95 ^c	0.703 ± 0.0433 ^{ab}	11.7 ± 2.05 ^{ab}	71.6 ± 17.42 ^a
26	9.0 ± 0.0	1,936.7 ± 244.20 ^b	0.743 ± 0.0088 ^b	14.9 ± 1.70 ^b	79.6 ± 1.65 ^a
28	6.0 ± 1.0	1,105.0 ± 181.45 ^a	1.113 ± 0.1488 ^c	8.3 ± 2.69 ^a	82.1 ± 19.97 ^a
30	5.3 ± 0.6	1,251.7 ± 173.93 ^a	1.380 ± 0.0208 ^d	10.4 ± 3.91 ^{ab}	76.6 ± 19.36 ^a

*Values (mean ± s.d. of three replication) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$)

Table 2. Production of resting egg of the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* at the different temperatures*

Temperature (°C)	No. of resting egg/ml/day	No. of resting egg/ml	No. of resting egg/rotifer 10 ⁴	No. of resting egg/ <i>Chlorella</i> 10 ⁶ cells
20	3.7 ± 0.48 ^a	55 ± 13.1 ^a	323 ± 53.05 ^a	6.9 ± 0.75 ^a
22	9.7 ± 0.33 ^a	93 ± 5.7 ^b	357 ± 9.43 ^{ab}	7.6 ± 0.27 ^a
24	10.1 ± 0.90 ^b	101 ± 15.6 ^b	388 ± 61.82 ^{ab}	16.2 ± 3.90 ^b
26	17.5 ± 2.53 ^c	157 ± 39.5 ^c	811 ± 169.49 ^c	17.3 ± 3.04 ^b
28	13.1 ± 1.13 ^b	79 ± 11.7 ^{ab}	737 ± 213.57 ^c	15.4 ± 2.52 ^b
30	13.6 ± 1.31 ^{bc}	73 ± 13.0 ^{ab}	583 ± 115.22 ^{bc}	13.3 ± 1.56 ^{ab}

*Values (mean ± s.d. of three replication) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05)

온이 낮을수록 낮은 경향을 보였다. 그러나 24°C와는 유의적인 차이가 보이지 않았다 (Table 2).

본 실험에서 나타난 수온 (X)과 성장률 (Y)의 상호관계를 분석해 보면 (Fig. 1), $Y = -1.15 + 0.08X$ ($R = 0.89$)로 20~30°C의 수온범위하에서 수온이 증가할수록 성장률은 높아지는 경향을 보였다 (P<0.05). 한편 일일 내구란 생산, 총 내구란 생산, *Chlorella* 10⁶ cell당 내구란 생산 및 rotifer 10⁴ 개체당 내구란 생산과 수온과의 상호관계를 분석해 보면 Fig. 2와 같다. 수온이 높을수록 내구란 생산이 증가하다가 26°C보다 높은 온도에서 다시 감소하는 경향을 보였다 (P<0.05).

고 찰

수온은 해수산 rotifer, *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 성장과 내구란 생산에 많은 영향을 미친다 (岡彬, 1989; Hagiwara and Lee, 1991). 岡彬 (1989)은 *B. plicatilis*의 최적성장온은 20~25°C이며 *B. rotundiformis*는 30°C 부근이라고 보고 하였고, Hagiwara and Lee (1991)는 20~30°C 수온범위에서 수온이 증가할수록 *B. rotundiformis* 내구란 생산은 높게 나타나고, *B. plicatilis*는 수온이 낮을수록 내구란 생산이 높게 나타난다고 보고하였다. Awais and Kestemont (1992)는 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*의 최적 성장 수온은 25°C라고 보고하였다. 또한 Kang et al. (1997)은 수온 22, 25, 28°C에서 *B. calyciflorus*의 성장률을 비교하였을 때, 25°C가 22°C와 28°C보다 높고, 수온 28°C에서는 *B. calyciflorus*의 성장이 오히려 저하된다고 보고 하였다. 그러나, Rico-Martinez and Dodson (1992)은 수온이 높아질수록 *B. calyciflorus*의 증식률이 높게 나타났고 수온 30°C에서 가장 높은 증식률을 보고하였다. 본 실험에서도 수온이 높을수록 성장률은 높게 나타나 Rico-Martinez and Dodson (1992)의 결과와 일치되는 경향을 보였지만 Kang et al. (1997)의 보고와는 차이가 있었다.

해수산 rotifer, *Brachionus*속에서 피갑장의 크기가 서로 다른 L-type과 S-type이 존재한다고 보고 (Fukusho and Okauchi, 1982; 1983)하였는데 이들 L-type (*B. plicatilis*)과 S-type (*B. rotundiformis*)은 서로 다른 종으로 수온에 대한 서로 다른 생리적 특징을 가지고 있다고 보고하였다 (Gomez and Serra, 1995; Hagiwara et al., 1995; Hagiwara and Lee, 1991). Kang et al. (1997)은 담수산 rotifer, *B. calyciflorus* 역시 S-type (141 ± 16.7 μm)과 L-type (262 ± 15.2 μm)을 순수분리하였으나 실험에 이용된 피갑장 크기를 정확히 서술하지는 않았다. 그러나 본 실험에 사용된 *B. calyciflorus*인 경우 이들의 피갑장 크기 (211.8 ± 19.7 μm)의 중간정도 (Hur and Park, 1996a)로 해수산 rotifer 처럼 피갑장 크기에 따른 수온에 대한 생리적 차이라고 판단된다 (Hagiwara et al., 1995). 따라서 앞으로 담수산 *B. calyciflorus*의 피갑장 크기에 따른 형태적, 유전학적 및 생리학적인 정확한 분류가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

본 실험에 있어서 수온 20°C를 제외하고 수온이 낮을수록 최고밀도가 높게 나타난것은 수온이 낮을수록

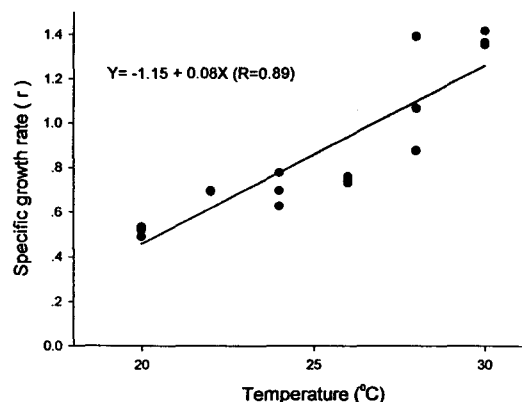


Fig. 1. Linear regression between temperature and growth rate (r) in the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus*.

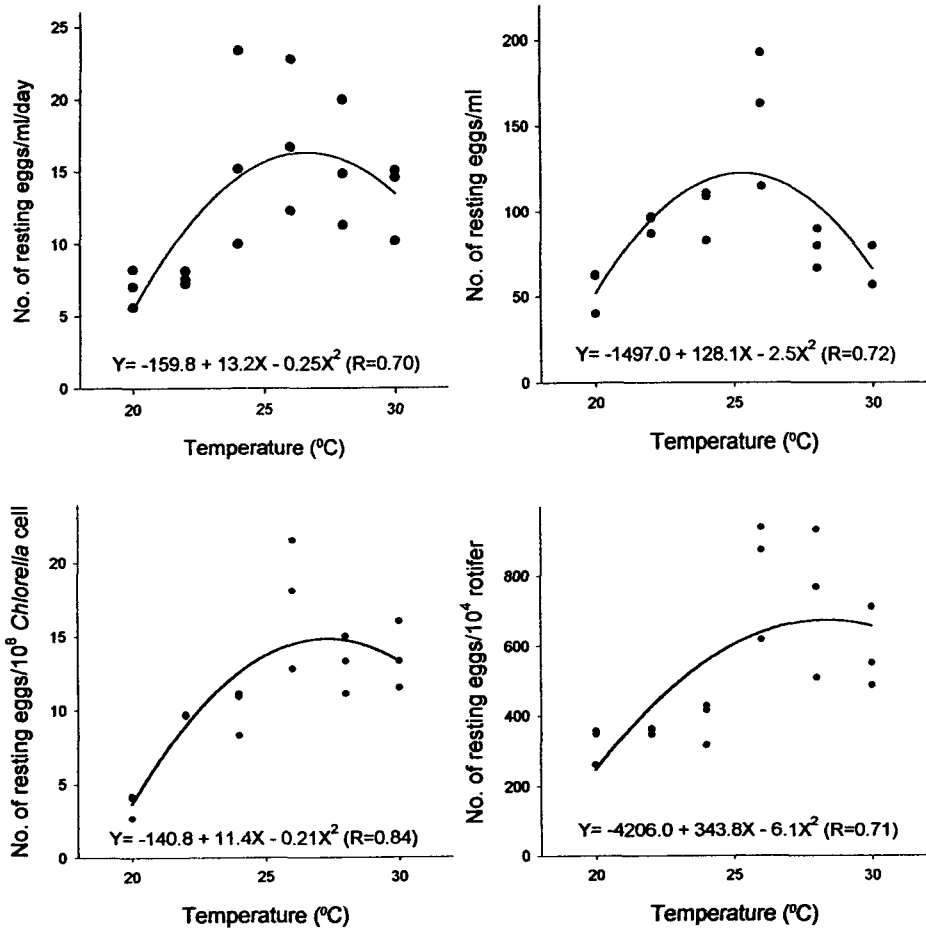


Fig. 2. Second order polynomial regression between temperature and production of resting egg in the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus*.

rotifer 증식에 악영향을 미치는 rotifer 배양수의 용존산소 (吉村 等, 1994), 세균 (山内, 1993), 이산화되지 않은 암모니아 농도 (中尾·萩原, 1995)의 영향이 적은 것으로 판단된다.

또한 최고밀도에 있어서도 Kang et al. (1997)은 성장률이 가장 높은 수온 25°C에서 583개체/ml로 나타났지만 본 실험에서는 수온 22, 24°C에서 2,606개체/ml로 4.5배 정도 높게 나타났다. 이러한 최고밀도의 차이는 먹이 공급량에 따라서 성장에 많은 영향을 미친 것으로 판단된다 (Guisande and Mazuelos, 1991).

해수산 rotifer, *B. plicatilis*의 내구란 생산은 유성생식률, 수정률, 수정된 mictic female의 산란력에 따라 좌우된다 (Hagiwara et al. 1988a; Hino and Hirano, 1985; Park and Hur, 1996). 본 실험에 있어서 *B. calyciflorus*의 유성생식률은 수온 20°C와 28°C를 제외하고 모든 실험구간에서 비슷한 경향을 보였지만 수온 26°C가 비교적 높

게 나타났고, 유성생식률이 높을수록 내구란 생산은 높게 나타났다. 따라서 일일 내구란 생산, 총 내구란 생산, rotifer 10,000개체당 내구란 생산 및 *Chlorella* 10^8 cells당 내구란 생산은 모두 26°C에서 높게 나타나는 경향을 보였다.

해수산 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 10^4 개체당 내구란 생산은 각각 20°C와 28°C에서 가장 높게 나타났다 (Park and Hur, 1996; Hagiwara and Lee, 1991). 이러한 결과로 볼 때, *B. calyciflorus*는 해수산 *B. plicatilis*보다 *B. rotundiformis*와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 내구란 생산량은 *B. calyciflorus*는 26°C에서 810개로 *B. plicatilis*와 *B. rotundiformis*의 8,000개보다 1/10배 정도 적게 생산되었다 (Park and Hur, 1996). 따라서 본 연구에 이용된 담수산 *B. calyciflorus*는 내구란 생산량에 있어서 매우 비효율적인 strain인 것으로 판단된다. 그러나 내구란 생산은 rotifer의 유전적 요인인 strain의 선택에 따

라서 매우 다양하게 나타나기 때문에 (Hino and Hirano, 1976, 1977, 1985; Snell and Hoff, 1985; Hagiwara et al., 1988b; Hagiwara and Hino, 1989, 1990; Hagiwara, 1994; Hur and Park, 1996a), 앞으로 담수산 *B. calyciflorus*의 대량 및 효율적인 내구란 생산을 위해서는 이 종의 strain 개발에 관한 연구가 고려되어야 할 것으로 사료된다.

이와같은 결과를 종합해 볼 때 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*는 30°C에서 성장률이 가장 높았고, 26°C가 내구란을 생산하기에 가장 적합한 것으로 판단된다. 앞으로는 담수산 rotifer의 성장과 내구란 생산에 영향을 미치는 먹이 종류 및 공급량에 대한 연구도 더욱 구체적으로 수행되어야 할 것이다.

요 약

수온에 따른 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*의 성장률과 내구란 생산을 조사하였다. 담수산 rotifer 배양은 250 ml flask에서 먹이로 농축 담수산 *Chlorella*를 공급하였다.

Rotifer의 성장률은 수온이 높을수록 높게 나타났지만 최고밀도는 20°C를 제외하고 수온이 낮을수록 높게 나타나는 경향을 보였다. 내구란 생산은 26°C 전후로 낮게 나타나는 경향을 보였고 총 내구란 생산과 rotifer 10⁴개체당 내구란 생산은 26°C에서 각각 157개/ml와 810개/ml로 나타났다.

본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 담수산 rotifer, *B. calyciflorus*는 30°C에서 성장률이 높기 때문에 대량배양에 아주 효과적이며, 수온 26°C에서 내구란을 생산하기에 가장 적합한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- Awaiss, A., and P. Kestemont. 1992. An investigation into mass production of the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas. 2. Influence of temperature on the population dynamics. *Aquaculture*, 105, 337~344.
- Awaiss, A., P. Kestemont and C. Micha. 1992. An investigation into mass production of the freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas. 1. An eco-physiological approach to nutrition. *Aquaculture*, 105, 325~336.
- Bennett, W. N. and M. E. Boraas. 1988. Isolation of a fast-growing strain of the rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas using turbidostat culture. *Aquaculture*, 73, 27~36.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1~42.
- Fukusho, K. and M. Okauchi. 1982. Strain and size of the rotifer, *Brachionus plicatilis* being cultured in southeast asian countries. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture*, 3, 107~109.
- Fukusho, K. and M. Okauchi. 1983. Sympatry in natural distribution of the two strains of a rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture*, 4, 135~138.
- Gilbert, J. J. 1963. Mictic female production in the rotifer, *Brachionus calyciflorus*. *J. Exp. Zool.*, 153, 113~124.
- Gomez, A. and M. Serra. 1995. Crossmating experiments between sympatric strains of *Brachionus plicatilis* Muller 1786: insights into the status of this taxonomical species. *Hydrobiologia*, 313/314, 111~119.
- Guisande, C. and N. Mazuelos. 1991. Patterns of sarcodine feeding in epipelagic oceanic plankton. *Journal of Plankton Research*, 13, 287~213.
- Hagiwara, A. 1994. Practical use of rotifer cyst. *The Israel Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 46, 13~21.
- Hagiwara, A., K. Hamada, A. Nishi, T. Imaizumi and K. Hirayama. 1993a. Mass production of rotifer (*Brachionus plicatilis*) resting eggs in 50 m³ tanks. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 93~98.
- Hagiwara, A., K. Hamada, A. Nishi, T. Imaizumi and K. Hirayama. 1993b. Dietary value of neonates from rotifer *Brachionus plicatilis* resting eggs for red sea bream larvae. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 99~104.
- Hagiwara, A. and A. Hino. 1989. Effect of incubation and preservation on resting egg hatching and mixis in the derived clones of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia*, 186/187, 415~421.
- Hagiwara, A. and A. Hino. 1990. Feeding history and hatching of resting eggs in the marine rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 1965~1971.
- Hagiwara, A., A. Hino and R. Hirano. 1988a. Effects of temperature and chlorinity on resting egg formation in the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 569~575.
- Hagiwara, A., A. Hino and R. Hirano. 1988b. Comparison of resting egg formation among five Japanese stocks of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 577~580.
- Hagiwara, A. and C. S. Lee. 1991. Resting eggs formation of the L-type and S-type rotifer *Brachionus plicatilis* under different water temperature. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1645~1650.
- Hagiwara, A. and K. Hirayama. 1993. Preservation of rotifers and its application in the finfish hatchery. *Proceedings of Finfish Hatchery in Asia '91. TML Conference Proceedings*, 3, pp. 61~71. Tungkang Marine Laboratory, Taiwan Fisheries Research Institute, Tungkang, Pingtung, Taiwan.
- Hagiwara, A., T. Kotani, T. W. Snell, M. Assava-Aree and K. Hirayama. 1995. Morphology, genetics and mating behavior of small tropical marine *Brachionus* strains (Rotifera). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 194, 25~37.

- Hino, A. and R. Hirano. 1976. Ecological studies on the mechanism of bisexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. General aspects of bisexual reproduction inducing factors. Nippon Suisan Gakkaishi, 42, 1093~1099.
- Hino, A. and R. Hirano. 1977. Ecological studies on the mechanism of bisexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. Effects of cumulative parthenogenetic generation on the frequency of bisexual reproduction. Nippon Suisan Gakkaishi, 43, 1147~1155.
- Hino, A. and R. Hirano. 1984. Relationship between water temperature and bisexual reproduction rate in the rotifer *Brachionus plicatilis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 50, 1481~1485.
- Hino A. and R. Hirano. 1985. Relationship between water temperature given at the time of fertilized egg formation and bisexual reproduction pattern in the deriving strain of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 51, 511~514.
- Hur, S. B. and H. G. Park. 1996a. Size and resting egg formation of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* and *B. calyciflorus*. Journal of Aquaculture, 9 (3), 187~194.
- Hur, S. B. and H. G. Park. 1996b. Mass production of resting egg of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* (L and S-type). Journal of Aquaculture, 9 (4), 345~351.
- Kang, E. J., B. I. Lee and E. O. Kim. 1997. Biological characteristics and growth of the Korean freshwater rotifer, *Brachionus calyciflorus* at various temperatures. Journal of Aquaculture, 10 (4), 449~456.
- Mitchell, S. A. and J. H. B. Joubert. 1986. The effect of elevated pH on the survival and reproduction of *Brachionus calyciflorus*. Aquaculture, 55, 215~220.
- Park, H. G. and S. B. Hur. 1996. Effect of temperature and salinity on production of resting egg in Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* (L and S-type). Journal of Aquaculture, 9 (4), 321~327.
- Rico-Martinez, R. and S. I. Dodson. 1992. Culture of the rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas. Aquaculture, 105, 191~199.
- Snell, T. W. and C. R. Janssen. 1995. Rotifers in ecotoxicology: review. Hydrobiologia, 313/314, 231~247.
- Snell, T. W. and F. H. Hoff. 1985. The effect of environmental factors on resting egg production in the rotifer *Brachionus plicatilis*. J. World Mariculture Soc., 16, 484~497.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444 N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- 岡 彬. 1989. 増殖環境. 初期餌料生物-シオミズツボムシ (福所邦彦・平山和次 編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 28~38.
- 吉村研治, 北島 力, 宮本義次, 岸本源次. 1994. 濃縮淡水クロレラ給餌によるシオミズツボムシの高密度培養における増殖阻害要因について. 日本誌, 60, 207~213.
- 山内 悟. 1993. 抗菌剤の添加によるシオミズツボムシの増殖促進効果. 日本誌, 59, 1001~1006.
- 中米 崇, 萩原篤志. 1995. 空気通気によるワムシの高密度培養と短時間營養強化. 水産の研究, 14 (5), 64~70.

1998년 8월 10일 접수

1998년 9월 17일 수리