

한국산 Rotifer, *Brachionus plicatilis* (L과 S-type)의 내구란 대량생산*

허성범 · 박흠기
부경대학교 양식학과

Mass Production of Resting Egg of Korean Rotifer, *Brachionus plicatilis* (L and S-type)*

Sung Bum Hur and Heum Gi Park

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Mass production of resting egg of the rotifer, *Brachionus plicatilis* was carried out in 1 m³ tank for L-type rotifer and in 1 m³ and 4 m³ tank for S-type rotifer. L-type rotifer was fed on concentrated *Chlorella*+baker's yeast and only baker's yeast for 15 days. S-type rotifer was fed on concentrated *Chlorella* in 1 m³ tank for 7 days and frozen *Chlorella*+baker's yeast in 4 m³ for 6~8 days.

Total number of resting egg and number of resting egg from 10⁸ rotifers and 1 g dry weight diet for L-type rotifer fed on *Chlorella*+baker's yeast were 54.5×10^6 eggs, 30.5×10^6 eggs and 100×10^3 eggs, respectively. These were higher than those of rotifer fed on baker's yeast only.

Total number of resting egg and number of resting egg from 10⁸ rotifers and 1 g dry weight diet for S-type rotifer fed on concentrated *Chlorella* in 1 m³ tank were $50 \sim 104 \times 10^6$ eggs, $47 \sim 82 \times 10^6$ eggs and $136 \sim 260 \times 10^3$ eggs, respectively. In 4 m³ tank with frozen *Chlorella*+baker's yeast, these were $149 \sim 567 \times 10^6$ eggs, $36 \sim 123 \times 10^6$ eggs and $131 \sim 338 \times 10^3$ eggs, respectively.

This result suggests that S-type rotifer are better than L-type rotifer for the mass production of resting egg of the Korean rotifer.

Key words : Rotifer, *Brachionus plicatilis*, Resting egg, Mass production

서 론

해산어류 종묘생산시 가장 널리 이용되는 초기 먹이 생물은 윤충류의 일종인 rotifer, *Brachionus plicatilis*이며 이러한 먹이생물의 질적 및 양적 확보는 가장 중요한 과제이다. 福所·平山(1989)는 rotifer에 대한 생물학적인 특징, 대량배양 방법, 사료에 대한 가치 등을 보고하였다. 그러나

rotifer의 대량 배양시 이온화되지 않은 암모니아, pH, COD 증가와 산소 결핍에 따른 수질 변화 (Yu and Hirayama, 1986) 및 유해 세균의 이상 증식(山内, 1993)은 rotifer 증식을 감소시켜 양적인 확보에 따른 계획적인 먹이공급 부족으로 종묘생산을 불안정하게 한다. 또 rotifer의 배양 관리에 따른 인건비 지출은 종묘생산 단가의 큰 부분을 차지하고 있다(Hagiwara and Lee,

* 본 연구는 농림수산특정연구과제(현장애로)의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

1991). 따라서 안정적이고 경제적인 rotifer의 확보는 해산어류 종묘생산에 있어 매우 중요하다.

이와 같은 이유로 Lubzens et al. (1990)은 rotifer amictic female 2,000개체/ml를 4°C로 22일 동안 냉장 보관한 예가 있고 Okamoto et al. (1987), Toledo and Kurokura (1990)와 Toledo et al. (1991)은 amictic female egg를 동결 보존한 바 있다. Rotifer의 내구란은 종의 유전적 형질을 효율적으로 보관 할 수 있을 뿐만 아니라 Artemia cyst처럼 쉽게 부화시켜 자어에 직접 공급할 수 있는 장점이 있다(Hagiwara and Hirayama, 1993; Hagiwara et al., 1993 b). 따라서 최근에는 rotifer의 유성생식에 의해 생산된 내구란을 대량생산하여 먹이생물로 사용하는 연구가 활발하다. L-type과 S-type rotifer의 내구란을 1 m³ 수조(Hagiwara and Lee, 1991), 4 m³ 수조(今村 等, 1979)와 50 m³ 수조(Hagiwara et al., 1993a)에서 농축된 먹이를 이용하여 대량 생산한 예가 있다.

본 연구는 한국산 rotifer, *B. plicatilis* L-type과 S-type rotifer를 이용하여 1 m³와 4 m³ 수조에서 농축 먹이에 따른 내구란의 대량생산 실험 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 1 m³ 수조에서 먹이 종류에 따른 L-type rotifer의 내구란 대량생산

실험에 사용된 L-type rotifer는 전북 옥구군 옥구에서 분리한 O-L strain (허·박, 1996)으로 20°C, 15 ppt에서 생산된 내구란을 4°C에서 3개월간 보관하여 28°C, 10 ppt, 2,000 lux에서 부화시켰다. 200 ℓ FRP 수조에 부경대학교 한국해양미세조류은행에서 분양받은 해수산 *Chlorella* sp. (KMMCC-C-27)를 대량배양한 후 수돗물을 이용하여 염분 10 ppt로 조정된 후 부화시킨 rotifer를 접종하였다. 200 ℓ FRP 수조에서 수온을 20°C로 유지하여 rotifer가 150 개체/ml로 될 때까지 농축 *Chlorella*를 먹이로

배양한 후 실험수조에 접종하였다. 실험은 1.2 m³ (배양수 1 m³) FRP 수조에서 배양 *Chlorella*에 수돗물을 섞어서 10 ppt로 조정하였으며 이때 *Chlorella* 밀도는 2500×10⁴ cells/ml이었고 rotifer 접종 밀도는 3~5개체/ml였다. 수온은 21.1~21.9°C로 유지하였다.

먹이는 농축 냉장 *Chlorella*와 빵효모(*Saccharomyces cerevisiae*)를 이용하였다. 매일 rotifer 10개체/ml를 기준으로 농축 냉장 *Chlorella* (495×10⁸ cells)+빵효모(건조중량 0.6 μg)을 혼합 공급하였고 빵효모 단일구는 건조중량 0.9 μg을 공급하였다. 먹이 공급 시기는 실험 5일째 부터 시작하였고 공급횟수는 매일 3회(10:00, 16:00, 23:00)로 하였다. 농축 냉장 *Chlorella*는 4 m³수조에서 m³당 복합비료 60 g과 요소비료 20 g으로 배양한 것을 연속 원심분리기로 농축한 후 냉장실(4°C)에 보관하여 사용하였고 빵효모는 삼립유지회사 제품을 사용하였다.

Rotifer의 개체밀도, 성장률, 유성생식률, 수정률 조사는 박·허(1996)의 방법을 따랐다. 내구란 수확은 실험 종료시 145, 125, 50 μm seive를 이용하였다.

2. 1 m³과 4 m³에서 S-type rotifer의 내구란 대량생산

실험에 사용된 S-type rotifer는 전남 고흥군 재두(C-S) 염전에서 채집하여 순수 분리한 strain (허·박, 1996)으로 수온 28°C, 염분 15 ppt에서 생산된 내구란을 4°C에서 3개월간 보관하였다. 이 내구란을 28°C, 15 ppt, 3,000 lux에서 부화시켜 36시간후 갓 부화한 rotifer를 15개 clone으로 구분하여 15 ml 시험관(배양액 10 ml)에 각각 수용하였다. 실험조건은 수온 28°C, 염분 15 ppt, 조도 2,000 lux로 하였고 먹이생물로는 부경대학교 한국해양미세조류은행에서 분양받은 *Nannochloris oculata* (KMMCC-C-31)을 배양한 후 원심분리하여 세포만을 농축하여 2,000×10⁴ cells/ml/day 공급하였다. 실험기간 16일동안 하루에 두번씩 시험관을 흔들어 침전

된 먹이를 현탁되게 하였고 내구란 생산이 가장 높은 clone을 선택하여 사용하였다. 1.2 m³ FRP (배양수 1 m³) 수조에서는 clone 6을 이용하였고, 4 m³ 콘크리트 원형수조에서는 clone 6을 다시 위와 같은 방법을 이용하여 선택한 clone 63을 이용하였다. 각 clone은 실험시작전에 28°C, 15 ppt, 200 ℓ FRP 수조에서 농축 *Chlorella ellipsoidea* (KMMCC-C-21)를 먹이로 사용하여 배양하였다. 수온 조절은 1 m³ 수조(30.6~32.1°C)에서는 1 kw 전기히터 2개로, 4 m³ 수조(27.5~28.5°C)에서는 경유 보일러를 이용하였다.

먹이 종류는 1 m³ 수조에서는 농축 냉장 *Chlorella*를 단독으로 공급하였고 4 m³ 수조에서는 빵효모(70%)+농축 냉동 *Chlorella* (30%)를 혼합 공급하였다. 먹이 공급량은 rotifer 25개체/ml를 기준으로 각 먹이의 건조중량 15 µg/day로 공급하였다. 농축 *Chlorella*는 m³ 당 복합비료 60 g과 요소비료 20 g으로 4m³ 수조에서 배양한 것을 연속 원심분리기로 130×10⁸ cells/ml로 농축한 후 냉장실(4°C)에 보관하여 사용하였다. 냉동 *Chlorella*는 농축 냉장 *Chlorella*를 다시 연속 원심분리기를 사용하여 *Chlorella* 세포만을 수확하여 냉동고(-30°C)에 보관하여 사용하였다. 초기 rotifer 접종개체는 5~10개체/ml로 하였다.

결 과

1. 1 m³ 수조에서 먹이 종류에 따른 L-type rotifer의 내구란 대량생산

1 m³ 수조에서의 먹이종류에 따른 내구란 생산 결과는 Fig. 1과 Table 1과 같다. 배양 5일째까지는 비슷한 성장을 보였지만 배양 8일째부터 농축 냉장 *Chlorella*+빵효모 혼합구가 단독구보다 성장이 양호하였다. 농축 냉장 *Chlorella*+빵효모 혼합구에서의 최고밀도와 성장률은 각각 175.5개체/ml, 0.264로 빵효모 단독구의 105개체/ml, 0.203보다 높게 나타났다. 또한 농축

냉장 *Chlorella*+빵효모 혼합구에서 배양 7일째 male의 출현이 20개체/ml로 나타났으나 빵효모 단독구에서는 실험 전기간 동안 10개체/ml 이하로 낮게 나타났다. 내구란을 생산하는 mictic female의 밀도는 실험 9일까지는 모든 실험구에서 비슷하게 나타났지만 9일 이후부터 종료 시까지는 농축 냉장 *Chlorella*+빵효모 혼합구가 최고 22~38개체/ml로 빵효모 단독구의 3~10개체/ml보다 높게 나타났다. 농축 냉장 *Chlorella*+빵효모 혼합구에서의 유성생식률과 수정률은 각각 20.1%, 84.4%로 빵효모 단독구의 15.8%,

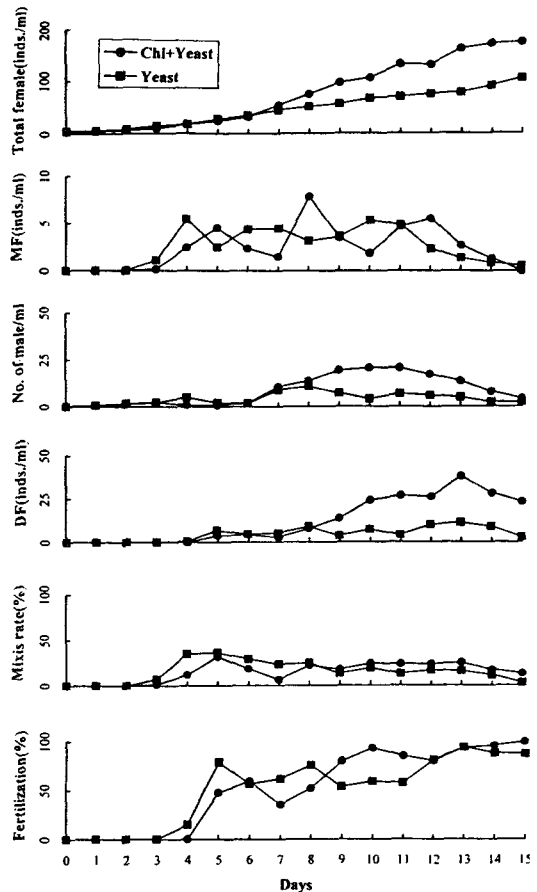


Fig. 1. Daily variations of population of the L-type rotifer, *Brachionus plicatilis* fed on different diets in 1 m³ tank (Chl+Yeast; *Chlorella* sp.+ Baker's yeast, Yeast; Baker's yeast, MF; mictic female, DF; mictic female producing resting egg).

Table 1. Result on reproduction of the rotifer, *Brachionus plicatilis*, L-type with different diets in 1 m³ tank

Food sources	Maximum density (inds./ml)	Specific growth rate	Mixis rate (%)	Fertilization (%)	Number of resting eggs (×10 ⁶)	Number of resting eggs (×10 ³)/10 ⁸ rotifers	Number of resting eggs (×10 ³)/1 g (dry weight) diet	Culture day	Temperature (°C)
<i>Chlorella</i> +Yeast (I)	185	0.241	21.1	82.9	62	33	106	15	21.2
<i>Chlorella</i> +Yeast (II)	166	0.287	19.1	85.9	47	28	94	15	21.4
Mean	175.5±9.15*	0.264±0.023*	20.1±1.0 ^{NS}	84.4±1.50 ^{NS}	54.5±7.59 ^{NS}	30.5±2.66 ^{NS}	100±6.10 ^{NS}		21.3±0.1
Yeast (I)	101	0.201	21.1	60.1	31	31	70	15	21.3
Yeast (II)	109	0.205	10.4	77.8	29	27	64	15	21.9
Mean	105.0±4.00	0.203±0.002	15.8±5.35	69.0±8.85	30.5±8.78	28.5±1.92	67±3.24		21.6±0.3

* : P<0.05.

NS : no significant.

Table 2. Growth and production of resting eggs of the rotifer, *Brachionus plicatilis* S-type with different diets in 1 m³ and 4 m³ tank

Volume (m ³)	Food	Maximum density (inds./ml)	Specific growth rate	Mixis rate (%)	Fertilization (%)	Number of resting eggs (×10 ⁶)	Number of resting eggs (×10 ⁶)/10 ⁸ rotifers	Number of resting eggs (×10 ³)/1 g (dry weight) diet	Culture day	Temperature (°C)
1	Concentrated <i>Chlorella</i>	107	0.511	10.4	66.8	50	47	136	7	32.1
		125	0.644	28.6	79.0	78	62	181	7	31.9
		149	0.544	36.7	71.1	86	58	224	7	30.6
		125	0.644	36.7	81.4	104	82	260	7	32.0
4	Forzen <i>Chlorella</i> (30%) + Baker's Yeast (70%)	146	0.613	29.3	86.9	210	36	131	8	27.5
		41	0.436	58.4	90.9	149	91	233	6	27.6
		68	0.373	47.7	78.0	268	99	299	7	27.7
		92	0.416	40.6	81.6	433	118	338	7	27.9
		115	0.372	38.7	64.4	567	123	328	7	28.5

69.0% 보다 높게 나타났지만 유의적이 차이는 없었다. 내구란 총 생산량, 10⁸ rotifer 당 내구란 생산과 건조 먹이 1 g 당 내구란 생산은 농축 냉장 *Chlorella* + 빵효모 혼합구가 각각 54.5×10⁶ 개, 30.5×10⁶ 개, 100×10³ 개였고, 빵효모 단독구가 각각 30.5×10⁶ 개, 28.5×10⁶ 개, 67×10³ 개로 나타났으나 서로 유의적인 차이는 없었다.

2. 1 m³과 4 m³에서 S-type rotifer의 내구란 대량생산

S-type rotifer 내구란 대량생산은 Table 2와 같다. 1 m³ 수조에서 농축 냉장 *Chlorella*를 공급한 실험에서는 rotifer 최고밀도는 107~149 개체/ml로 나타났고 성장률은 0.511~0.644범 위였다. 유성생식률과 수정률은 각각 10.4~36.7%, 66.8~81.4%로 나타났다. 총 내구란 생산

은 50~104×10⁶개로 실험구에 따라서 2배 정도 차이가 나타났다. 10⁸ rotifers와 건조 먹이 1 g당 내구란 생산은 각각 47~82.2×10⁶개, 136~260×10⁶개로 나타났다.

4 m³ 수조에서 S-type rotifer의 최고 밀도와 성장률은 각각 41~146개체/ml, 0.372~0.613으로 실험구에 따라서 차이가 많았다. 유성생식률과 수정률은 각각 29.3~58.4%, 64.4~90.9%였고 총 내구란 생산은 149~567×10⁶개로 나타났다. 10⁸ rotifer와 건조 먹이 1 g당 내구란 생산은 각각 36~123×10⁶개, 131~338×10⁶개로 차이가 심하게 나타났다.

논 의

Rotifer 내구란 대량생산은 今村 等(1979)이

L-type rotifer을 대상으로 11일 동안 4 m³ 수조에서 3.2×10⁷개의 내구란을 생산하였다. 이들은 접종초기 낮은 수온(4~15°C)에서 rotifer의 유성생식률을 증가시킨 후 수온(23~30°C)을 상승시켜 내구란 생산 단계를 빠르게 하였다.

Hamada et al. (1993)은 농축된 여러 먹이 생물과 빵효모를 이용하여 내구란을 생산한 결과 *Nannochloropsis oculata*를 바로 농축하여 먹이로 공급한 결과 L-type과 S-type rotifer에서 모두 많은 내구란을 생산 하였다. 또 30 ℓ에서 L-type rotifer의 내구란 생산은 16×10⁶개로 S-type 1.4×10⁶개보다 높게 나타났는데 이것은 Hawaii S-type rotifer의 경우 비교적 높은 수온(29~32°C)과 염분(32 ppt)으로 이온화되지 않은 암모니아 축적(0.51~1.14)에 의한 내구란 형성 시기의 성장 둔화로 S-type이 L-type보다 내구란 형성이 다소 어려운 점이 있다고 보고 하였다(Hamada et al., 1993). Snell and Childress (1987), Snell and Boyer (1988)과 Hagiwara et al. (1993a)은 이온화되지 않은 암모니아, pH와 COD 농도 증가 등으로 배양수의 환경이 악화되면 mictic female의 산란수가 낮아지고 male의 활력 저하로 미수정 mictic female과의 교미에 영향을 미치기 때문에 배양수의 환경변화는 매우 중요하다고 보고하였다. 본 실험에서도 L-type rotifer의 경우 배양 4일 이후부터 유성생식률이 저하되고 male의 수가 빵효모 단독 구에서 낮게 나타나는 경향을 보였다. Hamada et al. (1993)은 rotifer 내구란 생산은 먹이 종류에 따라서 다르며 농축 *N. oculata*만 사용시 경제적으로 가격이 높기 때문에 가격이 싼 빵효모와 함께 공급하였을 때 많은 내구란을 생산하여 생산 단가를 낮출 수 있다고 보고하였다(Hagiwara et al. 1993a).

Snell (1986)이 S-type rotifer의 경우 30°C 이상일때 유성생식률 감소로 인하여 내구란 생산이 감소한다고 보고하였고 Hagiwara et al. (1993a)은 농축 *N. oculata*와 냉동 *N. oculata*만 사용하는 것보다 빵효모와 같이 혼합하여 사용

하였을 때 많은 내구란을 생산하였다고 보고하였다. 본 연구에서도 4 m³ 수조가 1 m³ 수조보다 유성생식률, 수정률, 내구란 생산이 높았는데 이러한 이유는 1 m³ 수조가 수온이 더 높았기 때문인 것으로 생각된다. 또 1 m³ 수조가 4 m³ 수조보다 내구란 생산이 낮았던 이유도 *Chlorella* 만의 단독 먹이를 공급하였기 때문으로 생각된다.

Hagiwara et al. (1994)은 B₁₂를 생산하는 bacteria가 rotifer의 유성생식률을 증가 시킨다고 보고하였다. 또한 Hamada et al. (1993)와 山内 (1993)는 rotifer의 배양환경에 따라서 bacteria분포가 다양하게 변화되기 때문에 비교적 배양수온이 높은 S-type rotifer의 경우 bacteria에 따라서 rotifer의 성장에 많이 영향을 받는다고 하였다. 본 실험의 결과 S-type rotifer의 경우 내구란 생산이 매우 변화가 심하게 나타나는 원인은 배양수조 마다 이러한 bacteria의 분포에 따른 영향이 있지 않았나 생각된다.

Hagiwara et al. (1993a)은 L-type rotifer를 이용하여 40 m³ 수조에서 빵효모와 냉동 *N. oculata*를 먹이로 11일 동안 최고 4,550×10⁶개의 내구란을 생산하였는데 이것을 1 m³당 내구란 생산으로 환산하면 113×10⁶개이다. 본 실험에서 L-type rotifer의 경우 1 m³에 최고 62×10⁶개로 Hagiwara et al. (1993a)의 결과보다 낮았다. 그러나 S-type rotifer의 내구란 생산은 4 m³ 수조에서 빵효모+냉동 *Chlorella*를 먹이로 공급하여 7일 동안 최고 567×10⁶개를 생산하였는데 1 m³당 내구란 생산으로 환산하면 141×10⁶개로 Hagiwara et al. (1993a)의 결과보다 훨씬 높게 나타났다. 이와같이 본 실험에 사용된 S-type rotifer가 L-type rotifer보다 많은 내구란을 생산하여 L-type rotifer가 내구란 대량생산에 유리하다는 Hamada et al. (1993)와는 반대 결과를 보였다. 이러한 결과는 실험에 이용한 strain, 먹이 종류 및 공급량 등에 따른 차이라고 생각될 수 있고 본 실험에 이용한 S-type rotifer strain이 낮은 염분인 15 ppt에서 배양되어 암모니아 축적이 비교적 낮지 않았나 생각된다. 본 실험에서

S-type rotifer은 배양기간 7일로 L-type rotifer를 이용한 Hagiwara et al. (1993a)의 배양기간 11일과 본 실험의 L-type rotifer 배양기간 16일보다 짧았고 7일 정도의 배양기간이 내구란 생산에 더 효율적인 것으로 생각된다.

본 실험에서의 내구란 대량생산 결과가 다른 연구보고와 비교해 볼때 비교적 높게 나타났다. 앞으로 수질안정과 영양이 높고 경제성있는 먹이를 개발하여 4 m³ 이상의 대규모 수조에서 S-type rotifer를 대상으로 내구란 생산에 대한 연구를 더 구체적으로 수행할 필요가 있다고 생각된다.

요 약

한국산 *B. plicatilis*, L-type rotifer와 S-type rotifer의 내구란 대량생산은 L-type rotifer의 경우 15일 동안 농축 *Chlorella*+빵효모 혼합구와 빵효모 단독구로 하였고 S-type rotifer는 7일 동안 1 m³ 수조에서 농축 *Chlorella*로, 6~8일 동안 4 m³ 수조에서 냉동 농축 *Chlorella*+빵효모로 대량생산하였다.

L-type rotifer 내구란 대량생산 실험에서 농축 *Chlorella*+빵효모 혼합구가 총 내구란 생산 54.5×10⁶개, 10⁸ rotifers 당 내구란 생산 30.5×10⁶개, 먹이 전조 중량 1 g당 내구란 생산 100×10³개로 빵효모 단독구 보다 높게 나타났다.

S-type rotifer의 내구란 대량생산은 4 m³ 수조에서 냉동 농축 *Chlorella*+빵효모를 먹이로 총 내구란 생산 149~567×10⁶개, 10⁸ rotifers 당 내구란 생산 36~123×10⁶개, 먹이 전조 중량 1 g당 내구란 생산 131~338×10³개를 생산하여 1 m³ 수조에서 농축 *Chlorella*를 단독 먹이로 생산한 경우 보다 높았다.

참 고 문 헌

- Guillard, R. R. L. and J. H. Ryther, 1962. Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt, and *Detonula confervacea* (Cleve). *Gran. Can. J. Microbiol.*, 8 : 229-239.
- 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., K. Hamada, A. Nishi, T. Imai-zumi 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. Imai-zumi 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 K. Hirayama, 1993. Preservation of rotifers and its application in the finfish hatchery. *Proceedings of Finfish Hatchery in Asia '91. TML Conference Proceedings*, 3, p. 61-71. Tungkang Marine Laboratory, Taiwan Fisheries Research Institute, Tungkang, Pingtung, Taiwan.
- 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.
- Hamada, K., A. Hagiwara and K. Hirayama, 1993. Use of preserved diet for rotifer (*Brachionus plicatilis*) resting egg formation. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 : 85-91.
- 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.
- Lubzens, E., G. Kolodny, B. Perry, N. Galai, R. Sheshinski and Y. Wax, 1990. Factors affecting survival of rotifers (*Brachionus plicatilis* O. F. Müller) at 4°C. *Aquaculture*, 91 : 23-47.
- Okamoto, S., M. Tanaka, H. Kurokura and S. Kasahara, 1987. Cryopreservation of parthenogenetic eggs of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53 : 20

-93.

- Snell, T. W., 1986. Effect of temperature, salinity and food level on sexual and asexual reproduction in *Brachionus plicatilis* (Rotifera). Mar. Biol., 92 : 157-162.
- Snell, T. W. and M. Childress, 1987. Aging and loss of fertility in male and female (Rotifera). International Journal of Invertebrate Reproduction and Development. 12 : 103-110.
- Snell, T. W. and E. M. Boyer, 1988. Thresholds for mictic female production in the rotifer *Brachionus plicatilis* (Müller). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 124 : 73-85.
- Toledo, J. D. and H. Kurokura, 1990. Cryopreservation of the euryhaline rotifer *Brachionus plicatilis* embryos. Aquaculture, 91 : 385-394.
- Toledo, J. D., H. Kurokura and H. Nakagawa, 1991. Cryopreservation of different strains of the euryhaline rotifer *Brachionus plicatilis* embryos. Nippon Suisan Gakkaishi, 57 : 1347-1350.
- Yu, J. and K. Hirayama, 1986. The effect of un-ionized ammonia on the population growth of the rotifer in mass culture. Nippon Suisan Gakkaishi, 52 : 1509-1513.
- 박흥기·허성범, 1996. 염분에 따른 한국산 Rotifer, *Brachionus plicatilis* (S-type) 6 strains의 내구란 생산. 한국양식학회지, 9 : 195-203.
- 허성범·박흥기, 1996. 한국산 Rotifer, *Brachionus plicatilis*와 *B. calyciflorus*의 크기 및 내구란 형성. 한국양식학회지, 9 : 187-194.
- 福所邦彦·平山和次, 1989. 初期餌料生物-シオミズツボウムシ. 恒星社厚生閣, 東京, 日本. pp. 240.
- 山内悟, 1993. 抗菌剤の添加によるシオミズツボウムシの増殖促進効果. 日本誌, 59 : 1001-1006.
- 今村茂生·立昌一·東穠英雄, 1979. 温度刺激によるシオミズツボウムシの耐久卵採取方法について. 栽培技研, 8 : 53-61.