

## 먹이에 따른 한국산 S-type Rotifer, *Brachionus plicatilis*의 내구란 생산과 부화율\*

박흠기 · 허성범  
부경대학교 양식학과

### Production and Hatching Rate of Resting Egg of Korean Rotifer, *Brachionus plicatilis* (S-type) with Different Diets\*

Heum Gi Park and Sung Bum Hur

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

Dietary values of phytoplanktons, concentrated *Chlorella* and commercial yeasts were investigated for the resting egg production of the Korean rotifer, *B. plicatilis* S-type. The hatching rate of the resting egg of the rotifer fed on different diets was also studied.

The highest production of the resting egg was 3,760 eggs/20 ml with *N. oculata*. However, the hatching rate was not significant among 4 phytoplankton species.

The highest production of resting eggs among 9 diet groups ( $\omega$ -yeast, baker's yeast, 2 refrigerated Marine *Chlorella*, frozen Marine *Chlorella*, frozen *Chlorella* (70%)+baker's yeast (30%), frozen *Chlorella* (30%)+baker's yeast (70%), 2 refrigerated freshwater *Chlorella*) was 283 eggs/ml in the frozen *Chlorella* (30%)+baker's yeast (70%) and the refrigerated freshwater *Chlorella*. The highest number of resting egg from 10,000 rotifers and 1 mg dry weight diet was 5,566 eggs and 2,131 eggs in the frozen *Chlorella* (30%)+baker's yeast (70%). However, the highest hatching rate of the resting eggs was 67.4% in  $\omega$ -yeast.

In this study, the results suggest that the baker's yeast with a small amount of frozen *Chlorella* seems to be good feeding regime for the economical production of resting eggs.

Key words : Rotifer, *Brachionus plicatilis*, Resting egg, Mixis rate, Hatching rate

#### 서 론

Rotifer, *Brachionus plicatilis*는 해산어류 종묘생산시 초기 먹이생물로 많이 이용되고 있다. Rotifer의 생활사는 male에 관계없이 amictic female이 난를 생산하는 처녀생식과 수컷이 출현하여 미수정 mictic female과 교미에 의해 수정란(resting egg)을 형성하는 유성생식으로

나누어 진다(日野, 1981; Pourriot and Snell, 1983; 古澤, 1989).

Rotifer 내구란은 strain보관 뿐만아니라 rotifer를 대량배양하기 위한 seed로서 이용될 수 있고 Artemia처럼 부화시켜 직접 어류자어의 먹이로서 공급이 가능하며 어류종묘생산시 효과적인 먹이생물로 이용될 수 있다(Hagiwara et al., 1993b). 일반적으로 내구란 형성 요인은 정확하게 밝

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

혀져 있지 않지만 지금까지는 strain과 clone에 따른 내적요인(Hino and Hirano, 1976, 1977, 1985, 1988; Snell and Hoff, 1985; Hagiwara et al., 1988b; Hagiwara and Hino, 1989, 1990)과 수온(Hino and Hirano, 1984; Snell and Hoff, 1985; Hagiwara et al., 1988a; Hagiwara and Lee, 1991), 염분(Lubzens et al., 1985; Snell and Hoff, 1985; Snell, 1986; Hino and Hirano, 1988; Hagiwara et al., 1988a, 1989), 먹이밀도 및 종류(Snell and Hoff, 1985, 1987; Snell and Boyer, 1988; Hamada et al., 1993), 배양밀도(Hino and Hirano, 1976; Snell and Boyer, 1988), 사육수 교환(Hino and Hirano, 1976), 암모니아 농도(Snell and Boyer, 1988; Hamada et al., 1993) 등의 외적 요인이 있는 것으로 보고되고 있다.

내구란 형성은 rotifer 생활사(日野, 1981; Pourriot and Snell, 1983; Hagiwara and Hirayama, 1993)의 연속적인 단계에서 생산되며 rotifer의 개체밀도와 유성생식률이 증가하여 내구란 생산이 증가된다(Hagiwara et al., 1988a, 1989, Snell and Boyer, 1988). 그러나 rotifer의 개체밀도가 증가되면서 먹이 부족 현상이 일어나게되며 먹이량이 부족하면 rotifer의 생활사 정지로 많은 내구란을 생산할수 없다(Hagiwara and Lee, 1991; Hagiwara and Hirayama, 1993; Hagiwara, 1994; Hamada et al., 1993). 또한 rotifer 연속배양방법에 따른 사육수의 첨가나 교환은 유성생식률을 낮게하여 내구란 생산을 저하시키고(Hino and Hirano, 1977) 먹이종류와 밀도가 유성생식에 영향을 주며(Snell and Boyer, 1988) 이때 형성된 내구란은 부화

률에 영향을 미친다(Hagiwara and Hino, 1990)고 보고 되어져 있다. 그러므로 효과적인 내구란 생산을 위해서는 높은 개체밀도 유지와 유성생식률을 증가시키기 위한 알맞은 영양가를 지닌 농축된 먹이를 충분히 공급해주어야 한다. 이러한 관점에서 Hamada et al., (1993)은 L과 S-type rotifer를 대상으로 농축된 먹이에 따른 내구란 생산을 보고하였다.

본 연구는 한국산 rotifer, *Brachionus plicatilis* S-type의 내구란을 대량생산하기위해 rotifer 배양에 이용되고 여러 종류 식물플랑크톤과 농축된 먹이를 대상으로 가장 적합한 먹이를 파악하기위해 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 식물 먹이생물에 따른 내구란 생산과 부화율

Rotifer는 전남 고흥군 재두 염전에서 분리한 S-type rotifer, *B. plicatilis* (C-S) strain (허·박, 1996)을 사용하였다. 28℃, 15 ppt에서 형성된 내구란을 3개월 동안 4℃에 냉장보관한 후 28℃, 15 ppt, 2,000 lux에서 36시간 동안 부화시켜 갓 태어난 female 20개체를 30 ml (배양수 20 ml) 시험관에 접종하였다. 실험에 사용된 식물 먹이생물은 부경대학교 한국해양미세조류은행에서 분양받은 것으로 먹이 종류와 공급량은 Table 1과 같다. 먹이생물은 Conway배지(Walne, 1966)로 배양한 다음, 원심분리기로 세포만을 농축하여 공급하였다. 배양조건은 수온 28℃, 염분 15 ppt, 조도 2,000 lux로 하였다.

시험관에서 배양된 rotifer 개체수는 실험 2일째부터 난을 달고 있지 않은 female (?♀), 처녀생식을 하는 female (우♀), male을 생산하

Table 1. Live food used for the study

Live Food	Amount of food density/2 day
<i>Chlorella ellipsoidea</i> (KMMCC-C-C-21)	12.0×10 <sup>8</sup> cells
<i>Nannochloris oculata</i> (KMMCC-C-C-31)	25.0×10 <sup>8</sup> cells
<i>Tetraselmis suecica</i> (KMMCC-C-P-4)	0.6×10 <sup>8</sup> cells
<i>Pavlova lutheri</i> (KMMCC-C-H-4)	4.0×10 <sup>8</sup> cells

는 female (♂♀), 내구란을 생산하는 female (D♀) 그리고 ♂ (male)의 개체수를 매일 조사하였다. ? 우는 0.5 ml multi culture plate에 한개체씩 10개체를 독립적으로 수용한 후 배양하면서 female의 형태변화를 조사하였다. 이때 각 형태의 female 비율을 최초 시험관속에서 ? 우 개체수에 적용하여 각 형태의 female 개체수로 환산하였다. 각 female의 형태는 Hagiwara et al. (1988a)의 방법에 의했다.

유성생식률(mixis rate, (♂♀+D♀)/♀♀×100)과 수정률(D♀/(♂♀+D♀)×100)은 Hagiwara et al. (1988a)의 방법에 따라 계산하였다. 그리고 배양기간 중 rotifer의 최고밀도(개체수/ml)와 성장률(specific growth rate, r)를 조사하였다(박·히, 1996). 실험은 9일간 하였고 실험 종료시 망목 50 μm seive를 이용하여 총 내구란수를 조사하였다. Rotifer 배양 실험구는 1일 2회 흔들어 주었고 2회 반복 실험하였다.

식물 먹이생물에 따라 형성된 내구란의 부화율은 내구란을 증류수에 3개월동안 4℃ 냉장고에서 보관하여 내구란 100개를 5 ml (배양수 4 ml) multi culture plate에 수용하여 15 ppt, 28℃, 3,000 lux 조건하에서 36시간 경과후 부화율을 조사하였고 실험은 2회 반복하였다.

## 2. 농축된 먹이종류에 따른 내구란 생산과 부화율

Rotifer는 실험 1에서 사용한 동일한 strain으로 내구란을 28℃, 15 ppt, 3,000 lux로 부화시켜 36시간후 갖 부화한 15개 rotifer clone을 30 ml (배양액 25ml) 시험관에 1개체씩 각각 수용하여 내구란 생산이 가장 높은 clone을 선택하여 실험에 사용하였다. 먹이 실험구는 유지효모구(이화유지주식회사), 빵효모구(삼립식품주식회사), 해수산 *C. ellipsoidea* (KMMCC-C-21)를 대량배양하여 농축시킨 해수산 *Chlorella* 구( $120 \times 10^8$  cells/ml), 해수산 *C. ellipsoidea* (KMMCC-C-21)를 세포만 농축하여 -30℃에 냉동보관한 냉동 *Chlorella* 구, 빵효모(30%)+냉동 *Chlorella* (70%) 혼합구, 빵효모(70%)+

냉동 해수산 *Chlorella* (30%) 혼합구, 일본 해수산 농축 *Chlorella* 구(상품명 Marin α), 일본 크로레라주식회사에서 제조한 두 종류의 일본 담수산 *Chlorella* 구(상품명 Uni *Chlorella*-판매원, 사이엔스, 상품명 Fresh green 600-판매원, 그로스시주식회사)로 모두 9개 실험구였다. 먹이 공급량은 rotifer 25개체/ml를 기준으로 각 먹이의 건조중량 15 μg/day로 공급하였다. Rotifer는 250 ml 삼각플라스크(배양수 200 ml)에 9~10개체/ml로 접종하였고 수온 28℃, 염분 15 ppt, 조도 2,000 lux에서 1일 2회 배양용기를 흔들며 주었으며 실험기간은 9일간으로 3회 반복 실험하였다. Rotifer 개체수와 성장률, 유성생식률, 수정률 조사는 실험 1과 동일하였다.

농축된 먹이생물에 따라 형성된 내구란을 염분 15 ppt, 2℃에서 3개월동안 보관한 후 5 ml (배양액 4 ml) multi culture plate에 내구란 300~400개 수용하여 15 ppt, 28℃, 2,000 lux에서 36시간 경과후 부화율을 조사하였다. 실험은 4회 반복하였다.

이들 결과는 SPSS for Window program을 사용하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

## 결 과

4 종류의 식물 먹이생물에 따른 rotifer의 내구란 생산은 Fig. 1과 Table 2와 같다. 실험기간 최고밀도는 *N. oculata*를 공급한 실험구가 7일째 825개체/ml로 가장 높게 나타났고 다음은 *C. ellipsoidea*로 9일째 730개체/ml 나타났지만 두 실험구는 유의적인 차이가 없었다. 그러나 운동성인 편모를 지니고 있는 *P. lutheri*, *T. suecica*를 공급한 실험구는 5일째 각각 343, 332개체/ml로 최고 밀도로 도달한후 6일째부터 감소하였다. 그러나 성장률은 *P. lutheri*, *T. suecica* 공급구가 각각 1.160, 1.161로 다른 실험구보다 높게 나타났다. 먹이에 따른 유성생식률은 *P. lutheri* 공급구가 22.9%로 가장 높게 나타났지만 다른

Table 2. Growth and resting egg production of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* S-type with different microalgae

Species	Maximum rotifer density (inds./ml)	Specific growth rate	Mixis rate (%)	Fertilization (%)	Number of resting eggs/20 ml	Hatching percentage
<i>Chlorella ellipsoidea</i>	730± 65.0 <sup>b</sup>	0.824±0.0565 <sup>a</sup>	17.56±5.05 <sup>a</sup>	19.5± 1.45 <sup>a</sup>	592±182.5 <sup>a</sup>	40.0±8.0 <sup>a</sup>
<i>Nannochloris oculata</i>	825±130.0 <sup>b</sup>	0.960±0.0575 <sup>ab</sup>	17.4 ±1.35 <sup>a</sup>	60.1± 4.35 <sup>b</sup>	3,760±255.0 <sup>b</sup>	61.0±0.0 <sup>a</sup>
<i>Pavlova lutheri</i>	343± 42.5 <sup>a</sup>	1.160±0.0250 <sup>b</sup>	22.9 ±0.75 <sup>a</sup>	50.5±13.80 <sup>ab</sup>	1,910±935.0 <sup>ab</sup>	43.5±2.5 <sup>a</sup>
<i>Tetraselmis suecica</i>	332± 95.0 <sup>a</sup>	1.161±0.1100 <sup>b</sup>	16.7 ±1.35 <sup>a</sup>	45.7± 8.30 <sup>ab</sup>	915±420.0 <sup>a</sup>	50.5±8.5 <sup>a</sup>

Values in the same column within the same letter are not different, P<0.05.

실험구와는 유의성이 없었다. 수정률은 *N. oculata*를 공급한 실험구가 가장 높은 60.1% 였지만

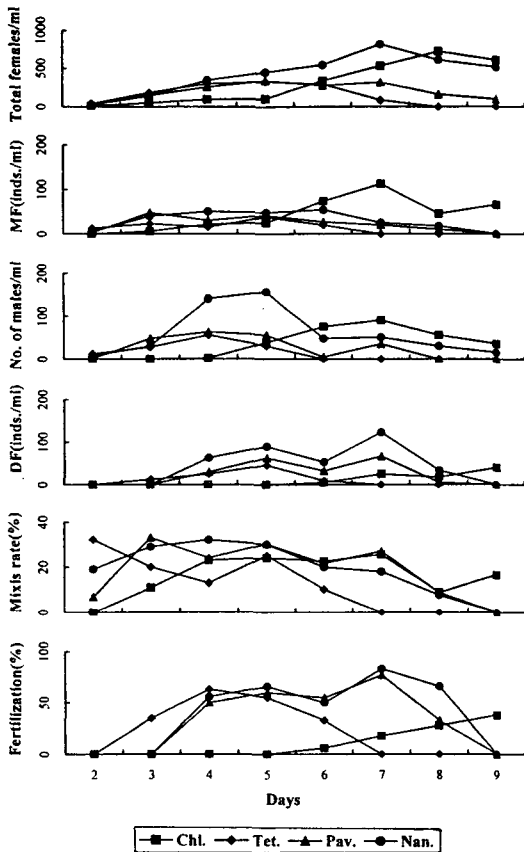


Fig. 1. Variations of population of the S-type rotifer, *Brachionus plicatilis* fed on different live foods (Chl. ; *Chlorella ellipsoidea*, Tet. ; *Tetraselmis suecica*, Pav. ; *Pavlova lutheri*, Nan. ; *Nannochloris oculata*, MF ; mictic female, DF ; mictic female producing resting egg).

*C. ellipsoidea*를 공급한 실험구를 제외하고는 유의적 차이를 보이지 않았다. 먹이종류에 따른 rotifer 내구란 생산은 *N. oculata*가 3,760개/20 ml로 가장 많이 생산 되었고, 다음은 *P. lutheri* 실험구(1,910개/20 ml)이며 *C. ellipsoidea*를 공급한 실험구는 592개/20 ml로 가장 낮은 생산을 보였다.

먹이 생물에 따른 내구란의 부화율은 *N. oculata*를 먹이로 공급하여 형성된 내구란이 61%로 가장 높게 나타났고, *T. suecica* 50.5%, *P. lutheri* 43.5%, *C. ellipsoidea* 40.0% 순으로 나타났지만 서로 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

농축 먹이 종류에 따른 S-type rotifer의 최대밀도, 성장률, 유성생식률, 수정률 및 내구란 생산은 Table 3과 같다. Rotifer 최대밀도는 일본 담수산 농축 *Chlorella*인 Uni *Chlorella*가 717 개체/ml로 가장 높게 나타났다. 빵효모(30%) + 냉동 *Chlorella*(70%) 혼합구는 608개체/ml로 일본 담수산 *Chlorella* Fresh green 600 (627 개체/ml) 보다 낮게 나타났지만 유의적인 차이는 없었고 빵효모(70%) + 냉동 *Chlorella* (30%) 혼합구(522개체/ml)보다는 높게 나타났다. 냉장, 냉동 해수산 *Chlorella*는 각각 398개체/ml, 386 개체/ml로 일본 해수산 Marine α (273개체/ml) 보다는 높게 나타났다. 효모류인 빵효모는 323 개체/ml로 유지효모(225개체/ml)보다 높게 나타났다.

성장률은 냉동 *Chlorella*가 0.446로 가장 높게 나타났고 냉장 *Chlorella*와 담수산 Uni *Chlorella*가 각각 0.414, 0.418로 높게 나타났지만 이들간의 유의적인 차이는 없었다. 빵효모+ 냉동

**Table 3. Growth, sexual reproduction and production of resting egg of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* S-type cultured for 9 days with different diets**

Diets	Maximum density (inds./ml)	Specific growth rate (r)	Mixis rate (%)	Fertilization (%)	Number of resting eggs (inds./ml)	Number of resting eggs/(×10 <sup>4</sup> rotifer)	Number of resting eggs/1 mg (dry weight) diet	Hatching rate (%)
ω-Yeast	225±10.0 <sup>a</sup>	0.338±0.0178 <sup>a</sup>	22.0±0.94 <sup>bc</sup>	50.1±12.31 <sup>bc</sup>	48±14.5 <sup>a</sup>	2,251±642.0 <sup>b</sup>	67±16.2 <sup>b</sup>	67.4±1.78 <sup>d</sup>
Baker's Yeast	323± 9.3 <sup>bc</sup>	0.351±0.0098 <sup>a</sup>	20.2±0.53 <sup>b</sup>	47.7± 1.71 <sup>bc</sup>	55± 2.9 <sup>a</sup>	1,705±105.9 <sup>b</sup>	55± 4.7 <sup>ab</sup>	32.8±2.83 <sup>a</sup>
Frozen <i>Chlorella</i> *	386±12.2 <sup>c</sup>	0.446±0.0037 <sup>c</sup>	27.5±2.39 <sup>cd</sup>	24.6± 4.73 <sup>a</sup>	68± 1.7 <sup>ab</sup>	1,776± 96.4 <sup>b</sup>	79± 6.7 <sup>bc</sup>	43.3±1.83 <sup>c</sup>
Refrigerated <i>Chlorella</i> **	398±61.2 <sup>c</sup>	0.414±0.0270 <sup>bc</sup>	33.1±0.20 <sup>d</sup>	62.5± 9.24 <sup>c</sup>	115±16.1 <sup>b</sup>	2,983±489.2 <sup>bc</sup>	119±15.0 <sup>c</sup>	37.8±1.17 <sup>ab</sup>
BY (30%)+FC (70%)	608±21.1 <sup>e</sup>	0.402±0.0035 <sup>b</sup>	30.6±2.24 <sup>d</sup>	56.7± 6.69 <sup>bc</sup>	263±14.5 <sup>c</sup>	4,355±368.7 <sup>de</sup>	181±12.8 <sup>d</sup>	45.5±1.67 <sup>c</sup>
BY (70%)+FC (30%)	522±14.8 <sup>d</sup>	0.387±0.0026 <sup>b</sup>	26.0±3.58 <sup>bcd</sup>	63.1± 7.93 <sup>c</sup>	283±29.2 <sup>c</sup>	5,566±697.0 <sup>e</sup>	213±20.3 <sup>d</sup>	36.4±0.68 <sup>ab</sup>
Marine α	273±22.4 <sup>ab</sup>	0.345±0.0092 <sup>a</sup>	11.7±3.23 <sup>ab</sup>	34.7/ 1.61 <sup>ab</sup>	11± 4.4 <sup>a</sup>	434±155.3 <sup>a</sup>	14± 5.2 <sup>a</sup>	
Uni <i>Chlorella</i>	717±28.5 <sup>f</sup>	0.418±0.0042 <sup>bc</sup>	27.4±2.88 <sup>bcd</sup>	45.0± 2.58 <sup>abc</sup>	283±41.0 <sup>c</sup>	3,813±556.4 <sup>cd</sup>	179±22.9 <sup>a</sup>	60.7±0.83 <sup>a</sup>
Fresh green 600	627±16.7 <sup>e</sup>	0.405±0.0027 <sup>b</sup>	22.1±0.74 <sup>bc</sup>	43.4± 5.80 <sup>abc</sup>	263± 8.8 <sup>c</sup>	4,201± 51.6 <sup>cd</sup>	171± 6.5 <sup>a</sup>	40.6±1.92 <sup>bc</sup>

Values in the same column with the same letter are not different, P<0.05.

BY : baker's yeast.

FC : frozen *chlorella*.

\* : 7 culture day.

\*\* : 8 culture day.

*Chlorella* 혼합구와 담수산 Fresh green 600의 성장률은 0.387~0.405로 나타났다. 또 유지효모, 빵효모, Marine α는 성장률이 0.338~0.351로 비교적 낮게 나타났다.

유성생식률은 해수산 농축 *Chlorella* (33.1%), 빵효모(30%)+냉동 *Chlorella* (70%) 혼합구(30.6%), 담수산 Uni *Chlorella* (27.4%), 빵효모(70%)+냉동 *Chlorella* (30%) 혼합구(26.0%), 냉동 *Chlorella* (27.5%) 순으로 높게 나타났다지만 서로간의 유의성은 나타나지 않았다. 유지효모(22.0%)는 빵효모(20.2%)보다 유성생식률이 높았지만 유의적인 차이는 없었다. Marine α는 유성생식률이 11.7%로 가장 낮았다.

수정률은 빵효모(70%)+냉동 *Chlorella* (30%) 혼합구가 가장 높은 63.1%로 나타났다지만 냉장 *Chlorella* (62.5%), 빵효모(30%)+냉동 *Chlorella* (70%) 혼합구(56.7%), 유지효모(50.1%), 빵효모(47.7%), Uni *Chlorella* (45.0%), Fresh green 600 (43.3%)과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 냉동 *Chlorella*와 Marine α는 각각 24.6%, 34.7%의 수정률로 낮았으며 이들 서로간의 유의적인 차이는 없었다.

먹이에 따른 ml당 내구란 생산은 빵효모(70%)+냉동 *Chlorella* (30%) 혼합구와 담수산 Uni *Chlorella*가 283개/ml로 가장 높게 나타났고 빵효모(30%)+냉동 *Chlorella* (70%) 혼합구와 Fresh green 600이 263개/ml로 높게 나타났다. 그러나 이들 먹이간의 유의적인 차이는 없었다. 해수산 냉장 *Chlorella*는 115개/ml로 냉동 *Chlorella* 68개/ml보다 높았지만 두 실험구간에는 유의적인 차이는 없었다. 그러나 유지효모와 빵효모는 각각 48개/ml, 55개/ml로 비교적 낮게 나타났고 해수산 Marine α는 가장 낮은 11개/ml로 나타났다.

Rotifer 10,000개체당 내구란 생산은 빵효모(70%)+냉동 *Chlorella* (30%) 혼합구와 빵효모(30%)+냉동 *Chlorella* (70%) 혼합구가 각각 5,566, 4,355개로 가장 높게 나타났지만 서로간의 유의적인 차이는 없었다. 담수산 *Chlorella*류인 Uni *Chlorella*와 Fresh green 600은 각각 3,813개, 4,201개로 해수산 냉장 *Chlorella* 2,983개와는 유의적인 차이는 없었다. 그러나 냉동 *Chlorella*보다 유의적으로 높게 나타났다. 유지효모와 빵효모는 각각 2,251개, 1,705개였지만 서로간의

유의적인 차이는 없었고 해수산 Marine  $\alpha$ 는 434개로 가장 낮게 나타났다.

전조 먹이 1 mg당 내구란 생산은 빵효모(70%) + 냉동 *Chlorella* (30%) 혼합구와 빵효모(30%) + 냉동 *Chlorella* (70%) 혼합구가 각각 213개, 181개로 다른 먹이보다 높게 나타났고 담수산 *Chlorella*인 Uni *Chlorella*와 Fresh green 600이 각각 179개, 171개로 나타났지만 이들 간에는 유의적인 차이는 없었다. 해수산 농축 *Chlorella*는 냉동 *Chlorella* 보다 높았지만 유의적인 차이는 없었고, 유지효모(67개)는 빵효모(55개)보다 높았지만 유의적인 차이는 없었다. 그러나 이들 효모류는 해수산 Marine  $\alpha$  (14개)보다는 유의적으로 높게 나타났다.

농축된 먹이 종류에 따른 부화율은 유지효모가 가장 높은 67.4%였고 다음으로 일본 담수산 Uni *Chlorella*가 60.7%로 나타났지만 이들간의 유의적인 차이는 없었다. 일본 담수산 Fresh green 600은 같은 종류인 Uni *Chlorella* 보다 적은 40.6%로 낮게 나타났다. 냉동 *Chlorella*와 빵효모(30%) + 냉동 *C.hlorella* (70%)의 혼합구는 각각 43.3%와 45.5%로 이들간의 부화율은 유의적인 차이는 없었으나 냉장 *Chlorella* (37.8%)와 빵효모(70%)와 냉동 *Chlorella* (30%)의 혼합구(37.8%)보다는 높게 나타났다. 가장 낮은 부화율은 빵효모의 32.8%였다.

## 고 찰

Rotifer의 먹이로서 *Nannochloropsis oculata*, *Chlorella* sp., *Tetraselmis* sp. 등의 식물먹이 생물과 효모류로서 빵효모, 유지효모 등이 널리 이용되고 있다(平田, 1989b). 최근에는 비타민 A, C, D, E의 첨가(Satuito and Hirayama, 1986), 지방산의 첨가(Hirayama and Satuito, 1991), B<sub>12</sub>를 생산하는 *Chlorella* (力山 等, 1990) 또는 bacteria (Yu et al., 1988, 1989; 山内, 1993)가 rotifer 증식을 향상 시킨다는 보고 등이 있다. Rotifer 내구란 생산은 배양 환경상

태가 양호할때 높은 개체수 증가로 내구란이 많이 생산된다고 보고하였다(Lubzens et al., 1985; Hagiwara et al., 1988a, 1989; Snell, 1986; Snell and Boyer, 1988). 따라서 많은 내구란을 생산하기 위해서는 rotifer의 성장이 양호한 먹이를 선택하여야한다.

먹이생물에 따른 내구란 생산 실험에서 *N. oculata*로 배양한 rotifer의 최고밀도는 평균 825개체/ml로 다른 먹이생물 실험구보다 높았고 내구란 생산도 3,760개/20 ml로 높게 나타났다. 운동성 편모를 지닌 *P. lutheri*와 *T. suecica*를 공급한 실험구가 성장이 저조했던 이유는 원심분리후 편모의 탈락으로 운동력이 저하되었기 때문에 빠른 시간내에 침강하여 바닥에 싸여 있어 rotifer가 먹이로 섭취하기 부적합했기 때문으로 생각된다.

平田(1989a)은 먹이의 질과 양은 미수정 mictic female의 male 산란수와 산란한 male의 연령, 정자수, 운동력(수정능력) 등에 영향을 미친다고 보고 하였다. Snell and Hoff (1987)는 *Tetraselmis* sp.와 *Chlorella* sp.를 혼합공급하였을 때 *Chlorella* sp. 단일 공급보다 미수정 mictic female에서 산란한 male의 수정률이 높다고 하였다. Snell et al. (1987)은 rotifer 배양수의 암모니아, pH 등과 같은 수질환경이 male과 미수정 mictic female의 수정률에 매우 중요한 역할을 하며 이온화 되지않은 암모니아가 증가할수록 rotifer의 활력은 감소하고, pH 7에서 활력이 가장 높다고 하였다.

본 실험의 경우 *C. ellisoidea* 실험구에서도 male을 생산하는 mictic female과 male이 다른 실험구보다 6~9일 사이에 높게 나타났지만 수정률의 저하로 적은 내구란이 생산된 것으로 생각된다. 그러나 이러한 수정률 저하가 먹이생물에 따른 male의 수정능력저하인지 6~9일 사이의 환경악화에 의한 male의 수정능력 저하인지는 본 실험에서는 알 수 없었다.

*B. plicatilis*의 내구란 생산은 충분한 먹이 공급 부족시 생활사의 정지로 많은 내구란을 생산할

수 없다(Hagiwara and Hirayama, 1993; Snell and Boyer, 1988), 또 rotifer 배양시 사육수의 교환은 낮은 유성생식률을 유발시켜 내구란 생산이 저하된다고 보고하였다(Hino and Hirano, 1977). 따라서 Hagiwara and Lee (1991), Hagiwara and Hirayama (1993), Hamada et al. (1993) 등은 사육수 교환없이 충분한 먹이공급을 위해서는 농축된 먹이가 필요하다 보고하였다.

본 실험에서도 이러한 농축된 먹이생물과 효모류를 대상으로 내구란 실험을 실시한 결과, rotifer 성장이 225~717개체/ml로 나타났고, 빵효모+*Chlorella* 혼합구의 먹이와 일본 담수산 *Chlorella*가 비교적 유성생식률과 내구란 생산이 높게 나타났다. 본 실험에서 이용한 일본 담수산 *Chlorella*는 B<sub>12</sub>를 보강한 것(Maruyama et al., 1989)으로 해수산 냉동, 냉장 *Chlorella*와 비교할 때 유성생식률에서는 차이가 없지만, rotifer 10<sup>4</sup> 개체와 건조 먹이 1 mg당 내구란 생산은 일본 담수산 *Chlorella*가 높게 나타났다. 그러나 S-type rotifer의 먹이생물에 따른 내구란 생산은 배양수중의 bacteria 분포가 유성생식률과 내구란 생산에 많은 영향을 미친다(Hamada et al., 1993)는 보고가 있어 이러한 원인이 먹이생물에 포함된 B<sub>12</sub>의 영향인지는 본 실험에서는 알수가 없었다.

Hamada et al. (1993)은 농축 먹이생물과 효모류를 대상으로 rotifer의 내구란 생산을 조사한 결과 보존하지 않고 바로 농축한 먹이인 *Nannochloropsis oculata*가 가장 좋은 먹이생물이라고 하였다. 그러나 Hagiwara et al. (1993 a)은 이러한 먹이 공급은 비용이 높기 때문에 농축한 *N. oculata*와 가격이 싼 빵효모를 혼합하여 공급한 결과 오히려 *N. oculata* 만 공급한 것보다 많은 내구란을 생산하였다고 보고 하였다.

본 실험에서도 빵효모+*Chlorella* 혼합구가 rotifer 10<sup>4</sup> 개체와 건조 먹이 1 mg당 내구란 생산이 냉동, 냉장 *Chlorella*보다 높게 나타났다. Hirayama and Satuito (1991)는 지방산이 rotifer의

성장을 증가시킨다고 보고한 바 있으나, 본 실험에서는 담수산 *Chlorella*나 빵효모에 비하여 지방산이 높은 해수산 Marine α, 유지효모, 냉동 *Chlorella*에서 오히려 rotifer의 성장이 저조하게 나타났다. 또한 냉동, 냉장 *Chlorella*에 있어서 각각 배양 7일과 8일째 rotifer가 대량 폐사되거나 활력이 낮아지는 경향을 보였다.

Hagiwara and Hino (1990)는 *Tetraselmis* sp.와 *Chlamydomonas* sp.에 의해 형성된 내구란의 부화율과 부화된 rotifer의 생존지수가 *Tetraselmis* sp.에서 월등하게 높았다고 보고하였던 Hamada et al. (1993)은 여러 종류의 농축한 먹이 생물에 의해 형성된 내구란의 부화율은 차이가 나지 않았다고 보고하였다. 그러나 본 실험의 경우, 먹이생물에 따라서는 rotifer 내구란의 부화율은 유의적인 차이는 나타나지 않았고, 농축 먹이생물에 따른 내구란 부화율은 차이를 보여 상반된 결과를 보였다. 앞으로 rotifer 내구란의 부화율에 영향을 미치는 먹이생물과 환경요인의 영향에 대해서 보다 구체적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

## 요 약

한국산 rotifer, *B. plicatilis*, S-type를 대상으로 식물부유생물, 농축 *Chlorella* 및 효모류에 대한 내구란 생산과 먹이 종류에 따라 생산된 내구란의 부화율을 조사하였다. 4 종류(*Chlorella ellipsoidea*, *Nannochloris oculata*, *Tetraselmis suecica*, *Pavlova lutheri*) 가운데 *N. oculata*는 3,760개/20 ml로 가장 많은 내구란을 생산하였다. 그러나 식물부유생물 종류에 따른 부화율의 유의적인 차이는 없었다.

9 종류의 농축먹이(유지효모, 빵효모, 두 종류의 해수산 농축 냉장 *Chlorella*, 해수산 냉동 *Chlorella*, 냉동 해수산 *Chlorella* (70%) + 빵효모(30%), 냉동 해수산 *Chlorella* (30%) + 빵효모(70%), 두 종류의 냉장 담수산 *Chlorella*)에서 내구란 생산이 가장 많은 먹이는 냉동 *Chlorella*

(30%) + 빵효모(70%)와 냉장 담수산 *Chlorella*에서 각각 283개/ml로 나타났다. Rotifer 10<sup>4</sup> 개체와 건조 먹이 1 mg당 내구란 생산은 냉동 *Chlorella* (30%) + 빵효모(70%)에서 각각 5, 566개와 2,131개로 가장 높게 나타났다. 농축 먹이에 따른 내구란의 부화율은 유지효모가 67.4%로 가장 높았다. 본 연구의 결과, 경제적인 내구란 생산을 위하여 빵효모와 농축 냉동 *Chlorella*를 혼합하여 공급하는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 : 1-42.
- 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 m<sup>3</sup> 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 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.
- Hagiwara, A., C. S. Lee, G. T. Miyamoto and A. Hino, 1989. Resting egg formation and hatching of the S-type rotifer *Brachionus plicatilis* at varying salinities. *Mar. Biol.*, 103 : 327-332.
- 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.
- 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.
- Hino, A. and R. Hirano, 1988. Relationship between water chlorinity and bisexual reproduction rate in the rotifer *Brachionus plicatilis*.



- cattilis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 54 : 1329-1332.
- Hirayama, K. and C. G. Satuito, 1991. The nutritional improvement of baker's yeast for the growth of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. Rotifer and Microalgae Culturer Systems. Proceedings of a U. S.- Asia Workshop. p. 151-162. Honolulu, Hawaii, USA.
- Lubzens, E., G. Minkoff and S. Marom, 1985. Salinity dependence of sexual and asexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. Mar. Biol., 92 : 123-126.
- Maruyama, I., Y. Ando, T. Maeda and K. Hirayama, 1989. Uptake of vitamin B<sub>12</sub> by various strains of unicellular algae *Chlorella*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 : 1785-1790.
- Pourriot, R. and T. W. Snell, 1983. Resting eggs in rotifer. Hydrobiologia, 104 : 213-224.
- Satuito, C. G. and K. Hirayama, 1986. Fat-soluble vitamin requirements of the rotifer *Brachionus plicatilis*. p 619-622. The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- 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 E. M. Boyer, 1988. Thresholds for mictic female production in the rotifer *Brachionus plicatilis* (Müller). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 124 : 73-85.
- Snell, T. W., M. C. Childress, F. H. Boyer and F. H. Hoff, 1987. Assessing the status of rotifer mass cultures. J. World Aquacult. Soc., 18 : 270-277.
- Snell, T. W. and F. H. Hoff, 1985. The effect of environmental factors on resting egg production in the rotifer *Brachionus plicatilis*. J. World Maricult. Soc., 16 : 484-497.
- Snell, T. W. and F. H. Hoff, 1987. Fertilization and male fertility in the rotifer *Brachionus plicatilis*. Hydrobiologia, 147 : 329-334.
- Yu, J., A. Hino, R. Hirano and K. Hirayama, 1988. Vitamin B<sub>12</sub>-producing bacteria as a nutritive complement for a culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 54 : 1873-1880.
- Yu, J., A. Hino, M. Ushio and M. Maeda, 1989. Function of bacteria as vitamin B<sub>12</sub> producers during mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 : 1799-1806.
- 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.
- Walne, P. R., 1966. Experiments on the large-scale culture of the larvae of *Ostrea edulis* L. Fish. Invest. Min. Agric. Fish. London, Ser. 2, 25. 53pp.
- 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.
- 平田郁夫, 1989a. 耐久卵の形成條件とふ化條件. p. 51-54. 初期餌料生物-シオミズツボワムシ(福所邦彦 平山和次). 恒星社厚生閣, 東京, 日本.
- 平田郁夫, 1989b. 飼料の種類と給餌法. p. 73-85. 初期餌料生物-シオミズツボワムシ(福所邦彦·平山和次). 恒星社厚生閣, 東京, 日本.
- 古澤 優, 1989. 生活史. p. 22-28. 初期餌料生物-シオミズツボワムシ(福所邦彦·平山和次). 恒星社厚生閣, 東京, 日本.
- 日野明德, 1981. シオミズツボワムシの 分類, 變異および生活史について. 栽培技研, 10 : 109-123.
- 力山功·金丸彦一郎·中村展男·安藤洋太郎·平山和次, 1990. ビタミン含有クロレラ給餌によるシオミズツボワムシの開放培養. 水産増殖 38 : 227-231.
- 山内悟, 1993. 抗菌劑の添加によるシオミズツボワムシの増殖促進效果. 日本誌, 59 : 1001-1006.