

염분에 따른 한국산 Rotifer, *Brachionus plicatilis* (S-type) 6 strains의 내구란 생산

박흥기 · 허성범
부경대학교 양식학과

Resting Egg Production of Six Strains of Korean Rotifer, *Brachionus plicatilis* (S-type)

Heum Gi Park and Sung Bum Hur

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

Six strains (OKK, MOK, CHA, WON, SOS & PUA) of Korean rotifer, *Brachionus plicatilis* (S-type) were isolated from salt pond, and the resting egg production of these strains was investigated with the different salinities (10, 20, 30 ppt). Rotifer were cultured at 28°C and 2,000 lux in 20 ml test tube with feeding *Nannochloris oculata*.

The maximum rotifer density was 2,050 inds./ml at 10 ppt for OKK strain, and MOK strain showed the highest specific growth rate (1.028) at 10 ppt. Mixis rate of CHA and WON strains increased with the lower salinity, while MOK strain increased the rate with salinity. PUA strain did not show the mixis rate even at the high rotifer density, and OKK strain showed the very low mixis rate ranging from 1.1 to 3.0%.

Fertilization rate of CHA, MOK, SOS and WON strains was ranged from 10.4 to 68.8%, and OKK strain did not showed any fertilization rate. The highest production of resting egg in 20 ml test tube was 4,065 eggs at 10 ppt for WON strain.

The results may suggest that the selection of rotifer strain and salinity are important factors for the mass production of resting egg.

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

서 론

최근 해산어류 종묘생산시 초기 동물 먹이생물인 rotifer, *Brachionus plicatilis*가 많이 이용되고 있다. 그러나 rotifer의 대량 배양시 수질 변화 (Yu and Hirayama, 1986)와 유해 세균 (山内, 1993)은 rotifer 증식을 감소시켜 종묘

생산을 불안정하게 한다. 또 rotifer의 배양 관리에 따른 인건비 지출은 종묘생산 단가의 큰 부분을 차지하고 있다(Hagiwara and Lee, 1991). 따라서 안정적이고 경제적인 rotifer의 확보는 해산어류 종묘생산에 있어 매우 중요하다.

이와 같은 이유로 Lubzens et al. (1990)은 rotifer amictic female를 4°C에서 냉장보관하

이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

여 사용하였고 Okamoto et al. (1987), Toledo and Kurokura (1990)와 Toledo et al. (1991) 등은 amictic female egg를 동결보존한 바 있다. 한편 rotifer의 내구란은 종의 유전적 형질을 효율적으로 보관 할 수 있을 뿐만아니라 Artemia cyst처럼 쉽게 부화시켜 자어에 직접 공급할 수 있는 장점이 있다 (Pourriot and Snell, 1983 ; Higiwara and Hirayama, 1993 ; Hagiwara et al., 1993a, b). 따라서 최근에는 rotifer의 유성생식에 의해 생산된 내구란을 대량생산하여 먹이생물로 사용하는 연구가 활발하다.

일반적으로 rotifer의 내구란 형성에 대한 정확한 기작은 밝혀져 있지 않지만 지금까지는 수온 (Hino and Hirano, 1984 ; Snell and Holf, 1985 ; Hagiwara et al., 1988a ; Hagiwara and Lee, 1991), 염분(Lubzens et al., 1985 ; Snell and Holf, 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 요인과 strain과 clone에 따른 내적요인(Hino and Hirano, 1976, 1977, 1985, 1988 ; Snell and Hoff, 1985 ; Hagiwara et al., 1988b ; Hagiwara and Hino, 1989, 1990) 등이 복합적으로 작용하는 것으로 보고되고 있다.

본 연구는 우리나라에 자연 서식하는 rotifer 가운데 내구란 생산이 가장 우수한 strain을 개

발하기 위하여 실시되었다. 따라서 염전지역에 분포하는 자연산 rotifer, *B. plicatilis* (S-type)를 채집하여 염분에 따른 각 strain의 성장률과 내구란 생산을 비교 조사하였다.

재료 및 방법

1993년 8월부터 1994년 9월까지 우리나라 염전에서 채집하여 순수분리 배양한 *B. plicatilis* (S-type) 6 strains을 이용하였다. 실험에 사용한 strain은 Table 1과 같다.

실험구의 염분은 자연 여과해수와 증류수를 이용하여 10, 20, 30 ppt로 구분하였다. PUA, OKK, MOK strain은 28°C, 15 ppt에서 계대 배양하는 clone을 실험시작전 각 실험 염분구에서 3일 동안 순치 시킨후 접종하였다. 그러나 WON, CHA, SOS strain은 28°C, 15 ppt에서 형성된 내구란을 각 실험 염분구에서 부화 시킨후 접종하였다. 실험초기 rotifer밀도는 30 ml 시험관 에 염분별로 구분된 배지 20 ml를 넣고 난을 달고 있지 않은 female (? ♀) 20마리를 접종하였다. 온도는 28°C, 조도는 2,000 lux로 하였고 먹이는 부경대학교 한국해양미세조류은행의 *Nannochloris oculata* (KMMCC-C-31)를 f/2배지(Guillard and Ryther, 1962)로 배양하여 원심분리 한후 매일 25×10^8 cells을 공급하였다.

시험관 속에서 배양된 rotifer 개체수는 실험 2일째 부터 난을 달고 있지 않은 female (? ♀), 처녀생식을 하는 female (♀♀), male을 생산하는 female (♀♂), 내구란을 생산하는 female (D♀), 그리고 male (♂)로 구분하여 개체수를

Table 1. Source of the rotifer, *Brachionus plicatilis* (S-type) isolated from the different areas

Strain	Sampling area	Lorica length (μm) (No=50)	Habitat	Sampling date
SOS	Hwasong-gun Soshin	164.33± 21.24	Salt pond	Aug. 19, '93
CHA	Kohung-gun Chaedu	186.33± 21.21	〃	Sep. 28, '93
WON	Sungju-gun Wonchang	165.00± 19.95	〃	Sep. 28, '93
OKK	Okku-gun Okku	181.66± 24.36	〃	July 4, '94
PUA	Puan-gun Pyonsan	184.66± 10.44	〃	July 3, '94
MOK	Mokpo-shi	152.81± 10.44	〃	Aug. 1, '94

매일 조사하였다. 이때 난을 달고 있지 않은 female (?우)은 0.5 ml multi culture plate에 한 개체씩 10개체를 독립적으로 수용한 후 1일후부터의 각 female로의 형태변화를 조사하였다. 이때 각 형태의 female 비율을 최초 시험관속에서의 ?우 숫자에 적용하여 각 형태의 female 숫자로 환산하였다. Rotifer의 형태는 다음과 같은 Hagiwara et al. (1988a)의 방법에 따라서 구별하였다.

?우-난을 달기전의 young female 혹은 산란한 후나 산란능력이 부족한 old female. 우우-mictic female이나 amictic female로 부화하는 처녀생식으로 배수체난을 생산하는 amictic female로 난은 타원형이고 회색을 띤다. ♂우-처녀생식으로 male을 생산하는 반수체 난을 가진 mictic female로 난은 둥글고 회색이며 크기는 amictic female 난의 반정도이다. D우-내구란을 생산하는 mictic female로 난은 타원형이고 크기는 amictic female 난과 비슷하며 난의 한쪽은 투명하고 반대편은 갈색 혹은 오렌지 색이다. ♂-개체크기가 female의 약 1/2로 작고 투명한 편이며 운동성이 매우 빠른 개체를 ♂으로 간주하였다.

유성생식률(mixis rate, (♂우 + D우)/우우 × 100)과 수정률(D우/(♂우 + D우) × 100)은 Hagiwara et al. (1988a)의 방법에 따라 계산하였다. 그리고 배양기간 중 rotifer의 최고밀도(개체수/ml)와 성장률(specific growth rate, r)을 조사하였다. $[r = (1/T) \ln(N_T/N_0)]$ (T=접종이후 rotifer가 최고밀도에 도달하기 까지의 배양일수; $N_T = T$ days의 rotifer 최고 밀도; $N_0 =$ 최초 rotifer 접종밀도). 실험은 9일간 하였고 실험 종료시 망목 50 μm seive를 이용하여 총 내구란수를 조사하였다. Rotifer 배양 실험구는 1일 2회 흔들어 주었고 2회 반복 실험 하였다.

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

결 과

염분에 따른 각 rotifer strain의 최고밀도, 성장률, 유성생식률, 수정률 및 내구란 생산에 대한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Growth and resting egg production in Korean S-type rotifer, *Brachionus plicatilis* (Values in the same column with the same letter are not different, P<0.05)

Strain	Salinity (ppt)	Maximum rotifer density (inds/ml)	Specific growth rate (r)	Mixis rate (%)	Fertilization (%)	Number of resting eggs
PUA	10	1,187 ± 162.5 ^{de}	0.885 ± 0.012 ^{cd}	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	20	887 ± 50.0 ^{cde}	0.971 ± 0.057 ^{cde}	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	30	1,375 ± 81.5 ^{def}	0.903 ± 0.017 ^{cd}	0 ^a	0 ^a	0 ^a
OKK	10	2,050 ± 150.0 ^g	0.953 ± 0.010 ^{def}	2.8 ± 1.85 ^{ab}	0 ^a	0 ^a
	20	1,687 ± 62.5 ^{fg}	0.929 ± 0.010 ^{cde}	3.0 ± 1.25 ^{ab}	0 ^a	0 ^a
	30	575 ± 100.0 ^{ab}	0.909 ± 0.026 ^{cde}	1.1 ± 1.05 ^{ab}	0 ^a	0 ^a
CHA	10	1,112 ± 19.0 ^{cde}	0.877 ± 0.001 ^{cd}	13.9 ± 2.00 ^{defg}	57.7 ± 3.00 ^{ef}	1,680 ± 34.0 ^{ef}
	20	570 ± 370.0 ^{ab}	0.793 ± 0.047 ^{bc}	8.9 ± 1.90 ^{cd}	21.3 ± 0.50 ^{abcd}	254 ± 1.0 ^{ab}
	30	280 ± 95.0 ^a	0.806 ± 0.042 ^{ab}	2.5 ± 0.60 ^{ab}	10.4 ± 10.00 ^{ab}	106 ± 2.0 ^a
MOK	10	1,320 ± 170.0 ^{ef}	1.028 ± 0.009 ^f	6.6 ± 1.00 ^{bc}	14.9 ± 3.50 ^{abcd}	1,010 ± 10.0 ^{bcd}
	20	1,030 ± 10.0 ^{cde}	0.695 ± 0.001 ^a	9.3 ± 3.20 ^{cd}	47.3 ± 6.50 ^{def}	2,100 ± 52.0 ^{fg}
	30	1,000 ± 80.0 ^{bcd}	0.990 ± 0.012 ^{cde}	15.3 ± 0.75 ^{efg}	51.6 ± 9.6 ^{def}	3,915 ± 88.5 ^{gh}
SOS	10	1,055 ± 135.0 ^{cde}	0.995 ± 0.23 ^{def}	13.7 ± 4.19 ^{defg}	23.1 ± 5.50 ^{abcd}	655 ± 9.5 ^{abc}
	20	1,304 ± 113.0 ^{def}	1.026 ± 0.013 ^{ef}	17.4 ± 1.35 ^g	40.0 ± 2.50 ^{cde}	1,322 ± 23.0 ^{cdef}
	30	671 ± 64.0 ^{abc}	0.930 ± 0.014 ^{cde}	11.2 ± 0.85 ^{cde}	27.2 ± 14.50 ^{abcd}	241 ± 6.0 ^{ab}
WON	10	1,230 ± 145.0 ^{de}	1.017 ± 0.017 ^{ef}	24.8 ± 1.05 ^h	55.8 ± 0.50 ^{ef}	4,065 ± 2.5 ⁱ
	20	1,050 ± 75.0 ^{cde}	0.995 ± 0.010 ^{def}	16.8 ± 0.60 ^{fg}	68.8 ± 1.00 ^f	3,145 ± 16.5 ^g
	30	680 ± 5.0 ^{abc}	0.933 ± 0.001 ^{cde}	11.6 ± 2.10 ^{cdef}	24.4 ± 6.00 ^{abcd}	623 ± 6.0 ^{abc}

PUA strain은 30 ppt에서 최고밀도 1,375 개체/ml로 나타났고 성장률은 20 ppt에서 0.971로 높게 나타났지만 염분에 따른 유의적인 차이가 없었다. 이 strain은 실험기간동안 모든 염분구에서 유성생식이 이루어지지 않아 내구란이 생산되지 않았다.

OKK strain은 10 ppt에서 최고밀도와 성장률이 각각 2,050개체/ml와 0.953으로 가장 높게 나타났다. 이 strain은 염분이 낮을수록 최고밀도는 높게 나타났지만 10 ppt와 20 ppt 실험구간에는 유의적인 차이가 없었다. 또 성장률은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 각 염분구에서 유성생식이 출현하긴 하였으나 1.1~3.0% 사이로 저조하였고 염분에 따른 차이는 없었다. 또 수정이 되지 않아 내구란은 생산되지 않았다.

CHA strain은 염분 10 ppt에서 최고밀도 1,112개체/ml, 성장률 0.877, 유성생식률 13.9%, 수정률 57.7%, 내구란 1,680개로 모든 항목에서 염분 20과 30 ppt의 실험구 보다 높게 나타났다. 염분이 높을수록 최고 밀도, 성장률, 유성생식률, 수정률, 내구란 생산이 낮게 나타나는 경향이었으나 유성생식률을 제외한 다른 항목은 20 ppt와 30 ppt 실험구 사이에 유의적인 차이가 보이지 않았다.

MOK strain의 최고밀도와 성장률은 염분 10 ppt에서 각각 1,320개체/ml, 1.028로 높게 나타났다. 그러나 염분이 높은 30 ppt에서 유성생식률 15.3%, 수정률 51.6%, 내구란 생산 3,915개로 가장 높게 나타나 최고밀도와 성장률과는 반대의 경향을 보였다. 수정률과 내구란 생산에 있어서 20 ppt와 30 ppt 실험구간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

SOS strain은 중간 염분구인 20 ppt에서 최고밀도 1,304개체/ml, 성장률 1.026, 유성생식률 17.4%, 수정률 40.0%, 내구란 생산 1,322개로 높게 나타났지만 10 ppt 실험구와는 유의적인 차이가 없었다. 그러나 20 ppt와 30 ppt 실험구에서는 수정률을 제외한 모든 결과가 유의적인

차이를 보였다.

WON strain은 염분이 낮은 10 ppt에서 최고 밀도 1,230 개체/ml, 성장률 1.017로 높았으나 20 ppt와는 유의적인 차이가 없었다. 또 10 ppt에서의 유성생식률과 내구란 생산수는 각각 24.8%, 4,065개로 타 염분구보다 높게 나타났다. 그러나 10 ppt에서의 수정률은 55.8%로 20 ppt (68.8%)와는 유의적인 차이가 없었으나 30 ppt (24.4%)보다는 높아 유의차가 있었다.

염분에 따른 각 strain의 변화를 보면 최대 밀도의 경우 OKK, CHA, MOK, WON은 낮은 염분에서 높은 경향이였다. 그러나 PUA와 SOS는 염분에 따른 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 또 각 strain의 성장률도 염분에 따른 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

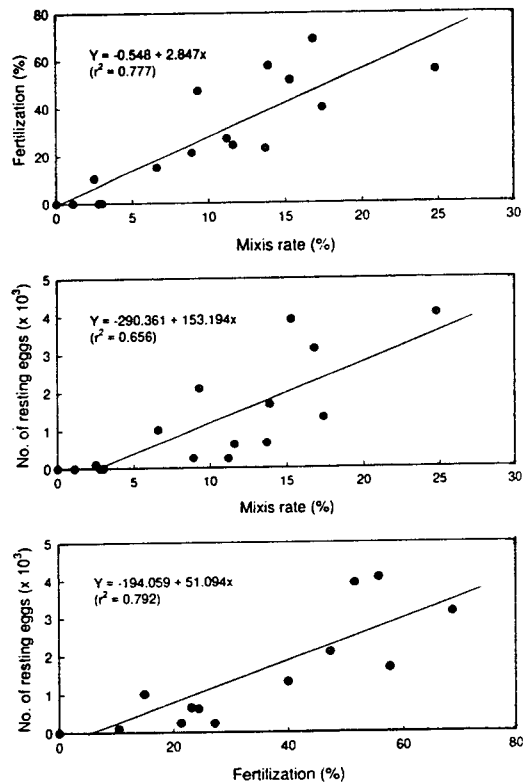


Fig. 1. Linear regression among mixis rate, fertilization rate and number of resting eggs in Korean S-type rotifer, *Brachionus plicatilis*.

한편 염분에 따른 유성생식률, 수정률, 내구란 생산은 서로 비슷한 경향을 보이고 있어 CHA, WON은 낮은 염분일수록 높은 경향을 보이는 반면 MOK는 높은 염분일수록 높은 결과를 보였다. 그러나 SOS는 염분에 따른 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

본 실험에서 나타난 유성생식률, 수정률 및 내구란 생산 등의 상호 관계를 분석해 보면 Fig. 1과 같다. 유성생식률(X)과 수정률(Y)과의 관계는 $Y=2.847X-0.548$ ($r^2=0.777$)로 95% 수준에서 상관계수의 유의성이 인정되었다. 그리고 유성생식률(X)과 내구란생산(Y)의 관계는

$Y=153.194X-290.361$ ($r^2=0.656$), 수정률(X)과 내구란 생산(Y)의 관계는 $Y=51.094X-194.059$ ($r^2=0.792$)로 이들 직선식의 상관계수는 모두 95% 수준에서 유의적으로 나타났다.

한편 최고밀도에 따른 유성생식률을 strain별로 보면 Fig. 2와 같다. PUA는 밀도에 관계없이 유성생식이 나타나지 않았고 MOK를 제외한 다른 strain은 밀도가 높을수록 유성생식률이 높게 나타나는 상관관계를 갖고 있다. 그러나 MOK는 높은 밀도일수록 낮은 유성생식률을 보였다. 이들 직선식의 상관계수는 모두 95% 수준에서 유의적이었다.

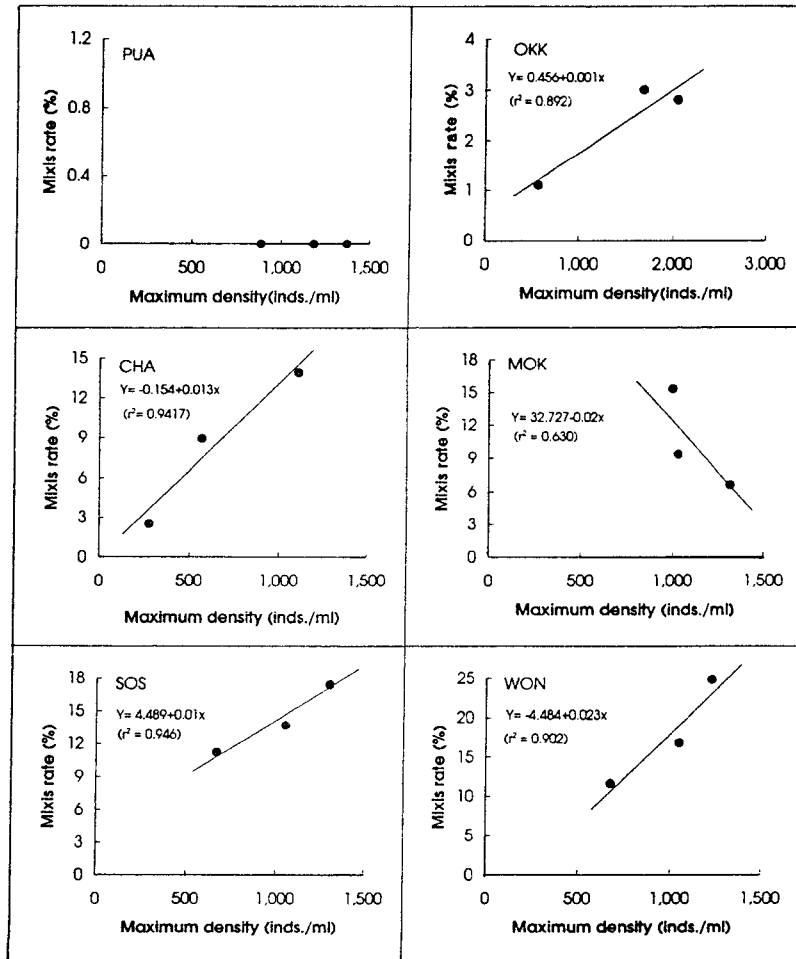


Fig. 2. Linear regression between mixis rate and maximum density in different rotifer strains.

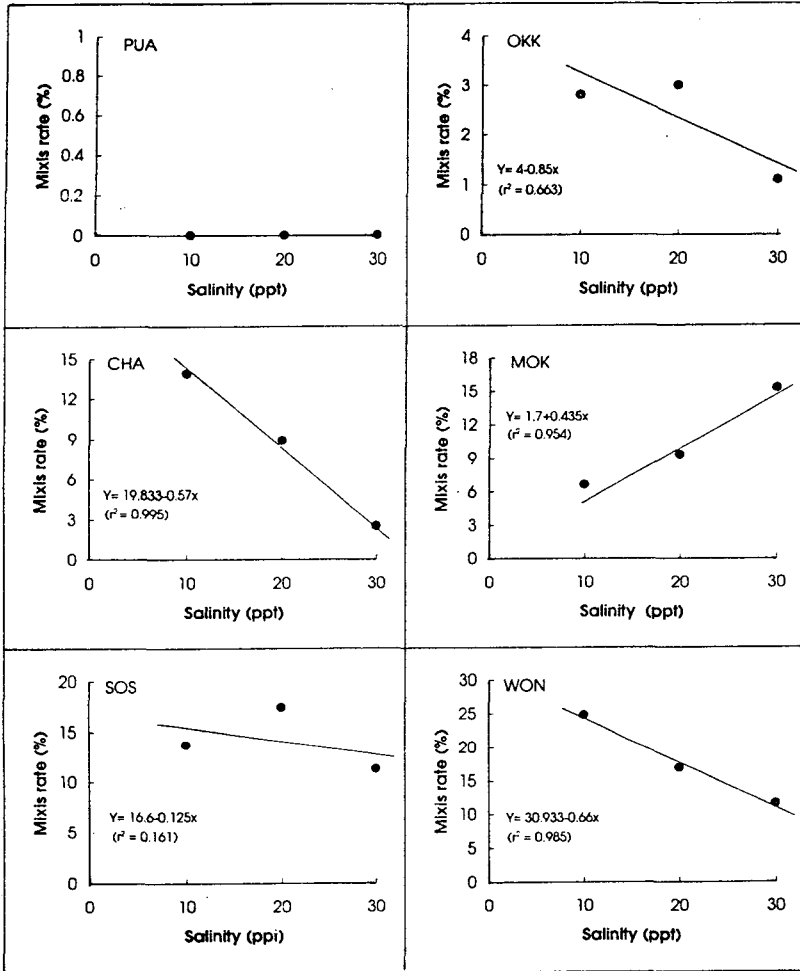


Fig. 3. Linear regression between mixis rate and salinity in different rotifer strains.

또 염분에 따른 유성생식률을 strain별로 비교하면 OKK, CHA, WON은 낮은 염분일수록 유성생식률이 높았으나 MOK는 높은 염분에서 유성생식률이 높았다. 이들은 모두 95% 수준에서 상관관계수의 유의성이 있었다. 그러나 PUA와 SOS는 염분에 따른 유성생식률은 상관관계를 보이지 않았다(Fig. 3).

고찰

Rotifer의 유성생식에 의한 내구란 형성 과정

은 amictic female이 mictic female을 산란하는 능력 획득—mictic female의 출현—수정하지 않은 mictic female의 male 산란—male 출현—mictic female과 male의 교미—수정—내구란 형성이라는 일련의 단계를 거친다 (古澤, 1988; 平野, 1988; Pourriot and Snell, 1983; Higawara and Hirayama, 1993). Pourriot and Snell (1983)은 rotifer 내구란의 형성요인은 내적요인과 외적요인으로 나눌수 있는데 내적요인으로서 strain과 clone에 따라서 유성생식률과 내구란 생산에 많은 차이가 있다고 보고

하였다.

Hagiwara (1994)는 많은 내구란을 생산하기 위해서는 내구란형성 요인들 중에 rotifer의 유성생식률을 유발시키는 내적요인인 strain과 clone의 선택이 첫번째로 중요하다고 보고하였다. Hagiwara et al. (1988b)은 rotifer, *B. plicatilis* 5 strains에 대한 유성생식률 조사결과는 strain에 따라 서로 차이가 났다고 보고 하였다. 또 Hagiwara (1994)는 내구란 생산을 위한 가장 좋은 rotifer strain을 선택하기 위해 세계 여러나라에서 채집된 large(L)-type 30 strains과 small (S)-type 37 strains에 대한 내구란 생산을 조사하였는데 그 중에서 L-type 27 strains과 S-type 26 strains은 내구란 형성이 이루어지지 않아 strain에 따라 내구란 생산의 차이가 많은 것을 보고한 바 있다. Hino and Hirano(1985, 1988)와 Hagiwara and Hino(1989, 1990)는 내구란 형성시와 내구란 보관시의 환경요인은 차후 그 strain의 내구란 형성에 영향을 준다고 보고하였다.

본 실험에서도 PUA strain은 모든 염분구에서 전혀 유성생식이 이루어지지 않음으로서 내구란이 생산되지 않아 위의 결과와 같이 strain에 따른 차이를 볼수 있었다. 또, OKK strain은 유성생식은 유발되었지만 male과 mictic female 간의 수정이 이루어지지 않아 내구란이 형성 되지 않았다. 이와같은 결과는 male이 출현하여도 수정이 이루어지지않아 내구란이 형성되지 않았다고 보고한 Snell and Hoff (1985)의 결과와 같았다. 그러나 본 연구에서 OKK strain의 유성생식률이 1.1~2.8%사이로 매우 낮았던 점을 볼 때 이 strain의 수정이 일어나지 않은 이유가 낮은 유성생식률 때문이었는지 또는 이와는 관계없이 수정 자체가 되지 않는 strain의 내적 특성 때문이었는지는 더욱 자세한 연구로 구명되어야 할 것이다.

CHA와 WON strain은 10 ppt에서 각각 1,680개, 4,065개, SOS strain은 20 ppt에서 1,322개, MOK strain은 30 ppt에서 3,815개의 내구

란을 생산한 바와같이 내구란 생산은 strain과 염분에 따라서 매우 다양하게 나타났다. Lubzens et al. (1985)은 rotifer의 성장이 양호한 염분(4~20%)구에서 유성생식률이 높게 나타났다고 보고하였다. 본 실험에서도 CHA와 WON strain은 rotifer의 성장이 비교적 높은 낮은 염분구에서 유성생식률도 높게 나타났다. 그러나 MOK strain에서는 높은 염분구에서 유성생식률이 더 높게 나타났다. MOK strain은 S-type Hawaii strain의 유성생식률과 내구란 형성은 높은 염분에서 높게 나타난다고 보고 (Hagiwara et al., 1989)한 결과와 일치하였다. 우리나라에 서식하는 같은 S-type rotifer 임에도 불구하고 CHA와 WON strain은 낮은 염분에서 내구란 생산이 높았으나 MOK strain은 높은 염분에서 내구란 생산이 높았던 점을 볼 때 strain에 따른 차이가 많음을 볼수 있었다.

본 연구에서 rotifer의 성장은 strain에 따라 차이가 많으나 일반적으로 염분의 영향을 크게 받는 OKK, CHA, SOS, WON strain과 10~30 ppt사이의 실험구에서 서로 큰 차이를 보이지 않는 광염성인 PUA와 MOK strain으로 두 그룹으로 구분할 수 있다. 또 유성생식률, 수정률 그리고 내구란 생산은 서로 상관적인 관계를 보여 유성생식률이 높을수록 수정률과 내구란 생산이 높고 수정률이 높을수록 내구란 생산이 높게 나타났다. 또 내구란을 형성하는 가장 중요한 요인은 수정률이며 수정률은 유성생식률에 비례하는 것으로 나타났다.

이와같은 결과들을 종합해 볼때 본 연구에서 조사한 한국산 S-type rotifer의 유성생식률은 근본적으로 strain에 따라 다른 내적요인과 염분이나 개체밀도 등에 따라 다른 외적요인을 보여주고 있다. 또 동일한 유성생식률에서도 수정률에 차이가 발생하는 이유는 strain이나 clone에 따른 내적요인과 교미가 잘 일어날수 없는 외적 환경요인, 즉 교반과 같은 배양수의 물리적요인이 작용할 수 있는 것으로 판단된다. Hagiwara et al.(1993a)도 aeration에 의한 rotifer의 수정

를의 차이를 이미 보고한 바 있다.

본 연구결과 PUA strain은 매우 광염성으로 30 ppt에서도 ml당 1,375개체가 증식될 정도로 높았던 점을 볼때 우기시 옥외에서 대량배양하기에 적당한 strain으로 보인다. 또 OKK strain은 10 ppt에서 2,050개체/ml로 가장 높은 밀도를 보여 대량배양에 아주 효과적인 strain이며 WON strain은 내구란을 생산하기에 가장 적합한 strain일 것으로 판단된다. 이와같은 결과로 볼때 목적에 따라 적합한 strain을 선택한다면 rotifer의 대량배양은 더욱 경제적이고 안정적인 것이다. 앞으로는 각 strain의 clone에 따른 내구란 생산에 대한 연구도 더욱 구체적으로 수행되어야 할 것이다.

요 약

한국 염전지역에서 순수분리한 rotifer, *B. plicatilis* (S-type) 6 strains의 염분(10, 20, 30 ppt)에 따른 내구란 생산을 조사하였다. Rotifer는 20ml 시험관 배지에서 *Nannochloris oculata*를 먹이로 28°C에서 배양하였다.

Rotifer 최대밀도는 OKK strain이 염분 10 ppt에서 2,050개체/ml로 나타났다. 성장률은 MOK strain의 10 ppt 실험구에서 1.028로 가장 빨랐다. 유성생식률은 CHA와 WON strain은 염분이 낮을수록 높게 나타났지만 MOK strain은 염분이 높을수록 높게 나타났고 SOS strain은 염분 20 ppt에서 가장 높게 나타났다. PUA strain은 개체밀도가 높았지만 유성생식이 전혀 나타나지 않았고 OKK strain은 1.1~3.0%의 낮은 유성생식률을 보였다. CHA, MOK, SOS, WON strain의 수정률은 모든 염분구에서 10.4~68.8%로 나타났지만 OKK strain은 수정이 이루어지지 않았다. Rotifer의 내구란 생산은 strain과 염분에 따라서 차이를 보였다. 20ml 시험관배지에서 가장 높은 내구란 생산은 WON strain으로 10 ppt 실험구에서 4,065개였다.

이와 같은 결과로 볼때 rotifer의 내구란을

대량생산하기 위해서는 적합한 strain의 선택과 염분의 조정이 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 : 1-42.
- 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. 1994. Practical use of rotifer cyst. *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 50m³ tanks. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59 : 93-98.
- Hagiwara, A., K. Hamada, A. Nishi, T. Imaizumi and K. Hirayama, 1993b. Dietary value of neotnates 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*. Nippon Suisan Gakkaishi, 54 : 1329-1332.
- 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.
- 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.
- Okamoto, S., M. Tanaka, H. Kurokura and S. Kasahara, 1987. Cryopreservation of parthenogenetic eggs of the rotifer *Brachionus plicatilis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 53 : 2093.
- Pourriot R. and T. W. Snell, 1983. Resting eggs in rotifer. Hydrobiologia, 104 : 213-224.
- 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. 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.
- 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.
- 平田郁夫, 1989. 耐久卵の形成条件とふ化条件. 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.
- 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.
- 山内悟, 1993. 抗菌剤の添加によるシオミズツボワムシの増殖促進効果. 日本誌, 59 : 1001-1006.