

사육환경과 먹이종류에 따른 개량조개, *Mactra chinensis* 유생의 성장과 생존

민병희, 신효진

부산광역시 수산자원연구소

Effects of Rearing Condition and Species of Microalgae on Growth and Survival of Larvae of the Sunray Surf Clam, *Mactra chinensis*

Byeong-Hee Min and Hyo Jin Shin

Busan Marine Fisheries Resources Research Institute, Busan 618-814, Korea

ABSTRACT

Rearing condition and species of microalgae on growth and survival of the sunray surf clam, *Mactra chinensis* larvae were investigated for artificial seedling production. The larvae of *M. chinensis* on higher temperature showed high growth and low survival and was grown over 230 μm in shell length 14 days after hatching, but low growth as 151.1 μm at 18 $^{\circ}\text{C}$. The larvae of *M. chinensis* on salinity showed highest daily growth and survival as 11.3 μm and 65.8% at 30 psu, respectively. The optimum of water temperature and salinity for the larval rearing were 23 $^{\circ}\text{C}$ and 30-35 psu over 25 psu at least. The density of larval rearing was below 10 per 1 ml in rearing seawater for elevating the development rate from D-shaped to settled (metamorphosing) stage.

The larvae fed the mixed diet of *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis* sp. (green), *Chlorella ellipsoidea* showed highest growth and survival. The larvae fed the single diet of *I. galbana*, *Isochrysis* sp. (green) showed high growth and survival. But the larvae fed the single diet of *P. lutheri* and *C. ellipsoidea* showed low growth and survival. The optimum diet of larvae of *M. chinensis* was over two species of microalgae included *I. galbana*, *Isochrysis* sp. (green) for elevating the high growth and survival.

Key words: Sunray surf clam, *Mactra chinensis*, larvae, Growth, Survival, Temperature, Salinity, Density, Species of Microalgae

서론

이매패류의 수정란은 세포분열에 의해 포배기, 낭배기, 담륜자기를 거쳐 면반이 발달하고 패각이 만들어져 D형 유생으로 발생된다. 부착성 또는 일시 부착성 이매패류 유생은 담륜자 유생기부터 부착기질에 부착하기까지 부유하고, 비부착성 이매패류 유생은 바닥에 침착하여 바다생활을 시작하는 변태완료 시까지 부유생활을 한다.

부유시기의 유생은 매우 작고 연약하여 외부환경의 변화에 영향을 많이 받으므로 사육환경의 관리, 먹이생물의 종류와 공

급에 세심한 주의가 필요하다. 특히 개량조개 (*Mactra chinensis*) 는 비부착성 이매패류로서 부유생활을 하다가 모래 등의 바닥에 침착하여 생활하므로 종묘생산 시 초기에 수정란 및 유생을 대량 확보하여 안정적으로 관리하는 것이 중요한 과제이다.

이매패류 유생의 성장과 생존에 관한 연구는 수온과 염분의 환경적 요인 (Helm and Millican, 1977; Dos Santos and Nascimento, 1985; Kim *et al.*, 2010), 먹이생물의 종류 (Wilson, 1978; Enright *et al.*, 1986; Laing and Verdugo, 1991), 난질 (Gallager and Mann, 1986), 먹이생물 공급량 (Epifanio and Ewart, 1977; Nell and Wisely, 1984), 유생의 먹이섭취 행동 (His and Seaman, 1992) 그리고 먹이의 선택성 (Wisely and Reid, 1978) 등이 있다.

우리나라에서 이매패류 유생사육에 관한 연구는 중요 이매패류 유생기 먹이와 성장 (Yoo, 1969) 을 시작으로 피조개

Received Septmeber 9, 2010; Revised November 24, 2010; Accepted December 13, 2010

Corresponding author: Min, Byeong-Hee

Tel: +82 (51) 209-0925 e-mail: bhmin714@korea.kr

1225-3480/24368

(Kim and Koo, 1973; Pyen *et al.*, 1976; Kim *et al.*, 1980), 참가리비 (Lee and Jo, 1980), 굴류 (Kim *et al.*, 1995; Min *et al.*, 1995; Yoo and Park, 1997; Hur *et al.*, 2008), 비단가리비 (Park *et al.*, 2005) 를 대상으로 사육수 온, 수용밀도, 먹이생물의 종류 및 공급량 등에 대한 연구자들의 보고가 있으나, 개량조개에 관한 연구는 자원생태학적 연구 (Hanaoka and Shimadzu, 1949; Sakurai, 1993; Sakurai *et al.*, 1998; Park and Zhang, 2008) 와 생식에 관한 연구 (Chung *et al.*, 1987; Chung, 1997) 등이 있으나 성장 및 생존을 향상을 위한 유생과 치패의 사육조건, 침착기 유생의 적절한 채묘방법 등 중요생산에 관한 체계적인 연구는 보고된 바 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 개량조개의 인공종묘생산을 위한 유생사육의 최적 사육환경과 먹이생물의 종류에 따른 유생의 성장 및 생존을 조사하였다.

재료 및 방법

개량조개 모패는 2009년 5-7월에 걸쳐 부산광역시 강서구 명지동 해역에서 채집된 평균 각장 70.19 ± 4.13 mm의 개체였으며, 유생사육에 사용된 D형 유생은 5회 채란된 각장 85.3 ± 2.7 μ m의 크기였다.

유생의 적정 수온을 알기 위하여 수온을 18, 23, 28, 33 $^{\circ}$ C로 각각 달리 하여 1 l 비이커에 D형 유생을 1 ml 당 10 개체의 밀도로 수용하여 사육하였다. 먹이생물로는 한국해양미세조류은행 (KMMCC) 에서 분양 받아 conwy 배지로 500 ml 삼각플라스크에서 20 l 원형 용기까지 배양한 *Isochrysis galbana* (KMMCC H-2), *Pavlova lutheri* (KMMCC H-3), *Isochrysis* sp. (green, KMMCC H-13), *Chlorella ellipsoidea* (KMMCC C-20) 를 공급하였으며, hemacytometer를 이용하여 1 ml 당 세포수를 계수한 후 유생이 성장함에 따라 먹이공급량을 서서히 증가시켜 유생 1개체 당 매일 5,000-20,000 세포로 1일 2회 나누어 혼합 공급하였다. 1 μ m cartridge filter를 사용하여 여과된 해수를 사용하였으며, 염분은 30 psu였고, 수온은 인큐베이터 (4실) 내에서 조절하였다. 적절한 수질을 유지하기 위하여 2일 마다 사육수를 전량 환수하였다. 매일 오전 10시에 성장과 생존율을 비교 분석하였다. 유생의 성장은 10 ml를 3회 채취하여 입체현미경 및 광학현미경에서 Moticam 2500 / Motic Images Plus 2.0 KSE를 이용하여 각장을 0.1 μ m 단위까지 측정하여 조사 분석하였고, 생존 개체수를 계수하여 생존율을 분석하였다.

유생의 적정 염분을 알기 위하여 염분 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 psu에서 유생사육을 하였다. 실험에 사용된 D형 유생의 크기는 각장 85.7 ± 2.1 μ m였으며, 염분은 해수, 증류수 및 천일염을 혼합하여 농도를 조절하였고, 사육수

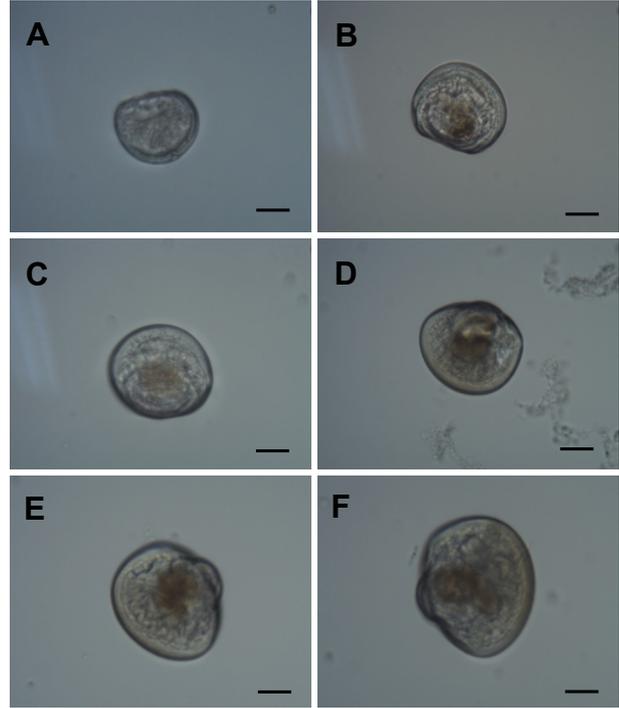


Fig. 1. Developmental stages of *Macra chinensis*. **A-B:** D-shaped larva (shell length 85-100 μ m), **C:** early umbone stage (shell length 110-140 μ m), **D:** umbone stage (shell length 150-170 μ m), **E:** late umbone stage (shell length 180-200 μ m), **F:** settled (metamorphosing) stage (shell length 210-230 μ m, scale bar = 50 μ m).

온은 23 $^{\circ}$ C였다.

유생의 적정 사육밀도를 알기 위하여 사육수 1 ml 당 D형 유생을 1, 5, 10, 20 및 40 개체를 수용하여 사육밀도별 유생사육을 실시하였다. 실험에 사용된 D형 유생의 크기는 각장 85.5 ± 2.4 μ m였으며, 사육수온은 23 $^{\circ}$ C, 염분은 30 psu였다.

먹이생물의 종류에 따른 유생의 성장과 생존율을 알기 위하여 먹이의 종류를 달리하여 유생사육을 실시하였다. 실험에 사용된 D형 유생의 크기는 각장 85.0 ± 3.3 μ m였으며, 먹이생물은 착편모조류 (Haptophyceae) 인 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis* sp. (green), 녹조류 (Chlorophyceae) 인 *Chlorella ellipsoidea* 4종류의 미세조류이었다. 이 실험에서 4종류의 미세조류를 단일 공급한 실험구와 4종을 혼합하여 공급한 실험구 및 무공급구를 설정 (총 6개 실험구) 하여 성장과 생존율을 비교하였다. 그 밖의 실험 조건은 수온별 유생사육에서와 동일하게 하였다.

모든 실험은 3회 반복하였고, 결과는 one-way ANOVA test를 실시한 후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955) 를 실시하여 평균 간의 유의성 ($P < 0.05$) 을 SPSS program (Ver. 10.1) 으로 검정하였다.

Table 1. Growth and daily increment of shell length (SL) with different temperature and salinity of *Mactra chinensis* during 14 days*

Experimental trial	Shell length (μm)		Daily increment of SL (μm)	
	Initial	Final		
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	18	85.3 \pm 2.7	151.1 \pm 7.33 ^a	4.7 \pm 0.75 ^a
	23	85.3 \pm 2.7	232.3 \pm 9.50 ^b	10.5 \pm 1.83 ^b
	28	85.3 \pm 2.7	279.9 \pm 15.33 ^c	13.9 \pm 2.33 ^b
	33	85.3 \pm 2.7	327.7 \pm 21.05 ^d	17.3 \pm 2.46 ^c
Salinity (psu)	0	85.7 \pm 2.1	dead	dead
	5	85.7 \pm 2.1	dead	dead
	10	85.7 \pm 2.1	dead	dead
	15	85.7 \pm 2.1	dead	dead
	20	85.7 \pm 2.1	131.9 \pm 4.95 ^a	3.3 \pm 0.57 ^a
	25	85.7 \pm 2.1	193.5 \pm 9.33 ^b	7.7 \pm 0.73 ^a
	30	85.7 \pm 2.1	243.9 \pm 15.64 ^d	11.3 \pm 1.25 ^b
	35	85.7 \pm 2.1	218.7 \pm 13.07 ^c	9.5 \pm 0.86 ^{ab}
40	85.7 \pm 2.1	175.3 \pm 7.55 ^b	6.4 \pm 0.64 ^a	

* Values in the same column with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

결 과

1. 수온에 따른 유생의 성장과 생존

수온에 따른 개량조개 유생의 성장은 Table 1과 같다. 각장의 성장은 18 $^{\circ}\text{C}$ 에서 33 $^{\circ}\text{C}$ 까지 수온이 높을수록 빨랐으며, 23 $^{\circ}\text{C}$ 이상에서는 사육 14일째 230 μm 이상 성장하였으나 18 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 151.1 \pm 7.33 μm 로 성장이 부진하였다. 유생의 성장은 33 $^{\circ}\text{C}$ 에서 327.7 \pm 21.05 μm 로 28 $^{\circ}\text{C}$ 의 279.9 \pm 15.33 μm 보다 유의하게 빨랐고 ($P < 0.05$), 23 $^{\circ}\text{C}$ 에서 232.3 \pm 9.50 μm 로 18 $^{\circ}\text{C}$ 보다 유의하게 빨랐다 ($P < 0.05$). 일간 성장은 33 $^{\circ}\text{C}$ 에서 17.3 \pm 2.46 μm 로 28 $^{\circ}\text{C}$ 의 13.9 \pm 2.33 μm 보다 유의하게 빨랐고 ($P < 0.05$), 18 $^{\circ}\text{C}$ 에서 4.7 \pm 0.75 μm 로 유의하게 느린 성장을 나타내었다 ($P < 0.05$).

수온별 유생사육 시 생존율은 18 $^{\circ}\text{C}$ 에서 79.1%로 23 $^{\circ}\text{C}$ 의 60.5% 보다 유의하게 높았고 ($P < 0.05$), 33 $^{\circ}\text{C}$ 에서 21.8%로 가장 낮았으며 ($P < 0.05$), 수온이 높을수록 생존율은 감소하는 경향을 보였다 (Fig. 2).

2. 염분에 따른 유생의 성장과 생존

염분에 따른 개량조개 유생의 성장은 Table 1과 같다. 염분 30 psu를 중심으로 염분이 높거나 낮아짐에 따라 성장이 늦어지는 경향을 보였다. 사육 14일째 30 psu에서 각장 243.9 \pm 15.64 μm 로 성장이 가장 빨랐고 ($P < 0.05$), 25 psu 이상에서는 성장이 늦었다. 20 psu에서 유생의 성장은 131.9 \pm

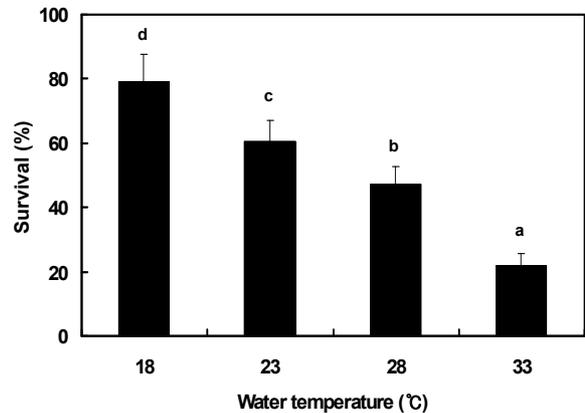


Fig. 2. Survival (%) of *Mactra chinensis* larvae in different water temperature. Values (three replication) in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

4.95 μm 로 25 psu의 193.5 \pm 9.33 μm 보다 유의하게 늦었다 ($P < 0.05$). 염분 30 psu에서 일간 성장은 11.3 \pm 1.25 μm 로 다른 실험구 보다 유의하게 가장 빨랐고 ($P < 0.05$), 20 psu에서는 3.3 \pm 0.57 μm 로 가장 느린 성장을 나타내었다 ($P < 0.05$).

염분별 유생사육 시 생존율은 30 psu에서 65.8%로 35 psu의 51.3% 보다 유의하게 높았고 ($P < 0.05$), 40 psu에서는 35 psu 보다 낮았다 ($P < 0.05$). 25 psu에서는 30.7%로 40 psu 보다 유의하게 낮은 생존율을 보였으며 ($P <$

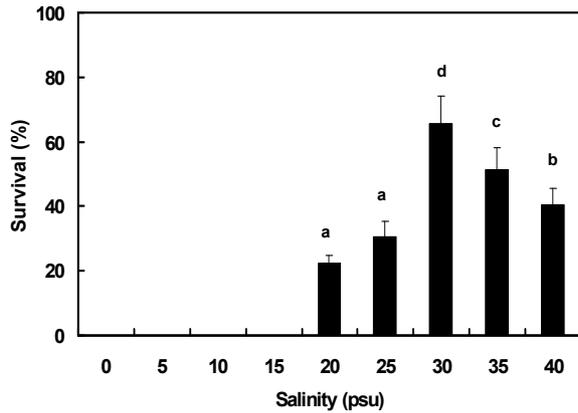


Fig. 3. Survival (%) of *Mactra chinensis* larvae in different salinity. Values (three replication) in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

0.05), 20 psu와는 유의한 차이가 없었고, 0-15 psu에서는 전량 폐사하였다 (Fig. 3).

3. 수용밀도에 따른 유생의 성장과 생존

수용밀도를 달리 하여 사육한 개량조개 유생의 성장은 사육 14일째 1 ml 당 1개체 수용하였을 때 각장 $240.9 \pm 14.5 \mu\text{m}$ 로 10개체 수용한 실험구 보다 유의하게 빨랐고 ($P < 0.05$), 40개체를 수용하였을 때에는 $141.5 \pm 5.5 \mu\text{m}$ 로 가장 느린 성장을 나타내었다 ($P < 0.05$, Table 2). 유생을 10개체 이하로 수용하였을 때 유의한 성장 차이는 없었으며, 20개체 이상 수용 시 $200 \mu\text{m}$ 미만으로 성장이 부진하였다. 일간 성장은 1개체 수용하였을 때 $11.1 \pm 1.33 \mu\text{m}$ 로 가장 빨랐고 ($P < 0.05$), 5개체와 10개체를 수용한 실험구와는 유의한 차이가 없었으며, 40개체를 수용 시 $4.0 \pm 0.57 \mu\text{m}$ 로 가장 느린 성장을 나타내었다 ($P < 0.05$).

수용밀도별 유생사육 시 생존율은 1 ml 당 1 개체를 수용

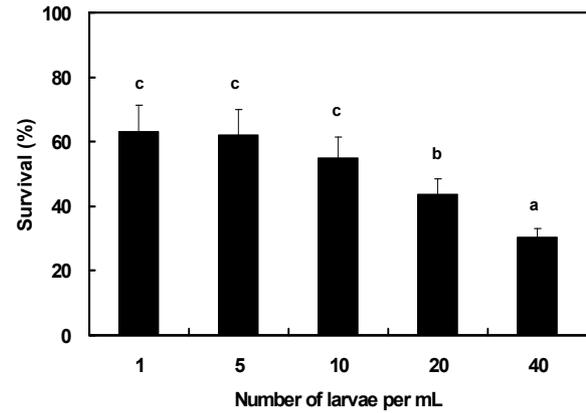


Fig. 4. Survival (%) of *Mactra chinensis* larvae in different density. Values (three replication) in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

하였을 때 63.3%로 20 개체를 수용한 실험구의 43.7% 보다 유의하게 빨랐고 ($P < 0.05$), 5 개체와 10 개체를 수용한 실험구와는 유의한 차이가 없었으며, 40 개체를 수용 시 30.5%로 가장 낮은 생존율을 보였다 ($P < 0.05$, Fig. 4).

4. 먹이생물의 종류에 따른 유생의 성장과 생존

서로 다른 미세조류를 먹이로 공급한 개량조개 유생의 성장은 Table 3과 같다. 유생의 성장은 사육 14일째 4종의 미세조류를 혼합 공급한 실험구에서 각장 $233.2 \pm 15.3 \mu\text{m}$ 로 가장 빨랐으며 ($P < 0.05$), 단일 공급구 중에서는 *I. galbana* 와 *Isochrysis* sp. (green) 공급구가 $210 \mu\text{m}$ 이상의 성장을 보였으나, *P. lutheri*와 *C. ellipsoidea* 공급구는 $210 \mu\text{m}$ 미만의 저조한 성장을 보였다. 무공급구는 $114.4 \pm 2.5 \mu\text{m}$ 로 가장 느린 성장을 나타내었다 ($P < 0.05$). 일간 성장은 혼합 공급구가 $11.3 \pm 1.15 \mu\text{m}$ 로 가장 빨랐으며, *I. galbana* 공급구와는 유의한 차이가 없었다.

Table 2. Growth and daily increment of shell length (SL) with different larval density of *Mactra chinensis* during 14 days*

Larval density (ind./ml)	Shell length (μm)		Daily increment of SL (μm)
	Initial	Final	
1	85.5 ± 2.4	240.9 ± 14.5^c	11.1 ± 1.33^b
5	85.5 ± 2.4	229.7 ± 11.3^c	10.3 ± 1.05^b
10	85.5 ± 2.4	218.5 ± 9.0^c	9.5 ± 0.84^b
20	85.5 ± 2.4	187.5 ± 7.7^b	7.3 ± 0.65^{ab}
40	85.5 ± 2.4	141.5 ± 5.5^a	4.0 ± 0.57^a

* Values in the same column with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

Table 3. Growth and daily increment of shell length (SL) with species of microalgae of *Mactra chinensis* during 14 days*

Microalgal species	Shell length (μm)		Daily increment of SL (μm)
	Initial	Final	
<i>Isochrysis galbana</i>	85.0 \pm 3.3	229.0 \pm 14.0 ^{cd}	10.5 \pm 0.96 ^c
<i>Pavlova lutheri</i>	85.0 \pm 3.3	183.0 \pm 9.3 ^b	7.0 \pm 0.63 ^b
<i>Isochrysis</i> sp. (green)	85.0 \pm 3.3	213.4 \pm 12.5 ^c	9.1 \pm 0.77 ^{bc}
<i>Chlorella ellipsoidea</i>	85.0 \pm 3.3	181.6 \pm 7.7 ^b	6.9 \pm 0.61 ^b
Mixture	85.0 \pm 3.3	233.2 \pm 15.3 ^d	11.3 \pm 1.15 ^c
No fed	85.0 \pm 3.3	114.4 \pm 2.5 ^a	2.1 \pm 0.25 ^a

* Values in the same column with different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

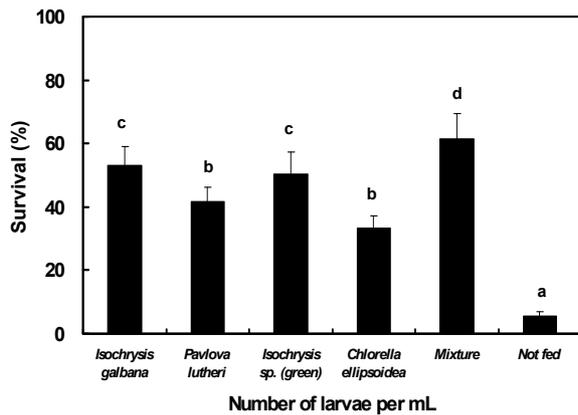


Fig. 5. Survival (%) of *Mactra chinensis* larvae in species of microalgae. Values (three replication) in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

먹이종류에 따른 유생의 생존율은 사육 14일째 혼합공급구에서 61.5%로 가장 높았으며 ($P < 0.05$), 단일 공급구 중에서는 *I. galbana* 공급구가 53.0%로 혼합공급구 보다 유의하게 낮았고 ($P < 0.05$), *Isochrysis* sp. (green) 공급구와는 유의한 차이가 없었다. *P. lutheri* 공급구는 41.7%로 *Isochrysis* sp. (green) 공급구 보다 유의하게 낮은 생존율을 보였고 ($P < 0.05$), *C. ellipsoidea* 공급구와는 유의한 차이가 없었으며, 무공급구에서 5.7%로 가장 낮은 생존율을 나타내었다 ($P < 0.05$, Fig. 5).

고찰

이매패류의 인공종묘생산에 있어 부유유생기의 성장에 미치는 중요한 요인은 수온, 염분, 조도, 유생의 밀도 및 먹이생물 등이 있으나 그 중에서도 수온이 성장을 지배하는 가장 중요한 요인이며, 수온에 따라 먹이생물의 섭취량이 달라지고 유생의

성장에도 큰 영향을 미친다 (Loosanoff, 1950; Walne, 1974).

개량조개 유생의 성장 및 생존에 대한 연구는 보고된 바 없으므로 백합과 굴류 등의 연구와 비교 분석하였다. 백합 유생의 성장에 관한 연구로서 Choi (1975) 는 수온 23-28℃에서 각장 109.5 μm 의 D형 유생을 사육하여 20일 후 각장 209.0 μm , 일간 성장 4.9 μm 의 침착기 유생으로 성장하였고, Choi and Song (1974) 은 수온 27℃에서 초기 D형 유생 112 μm 를 사육하여 20일째 232 μm 로 성장하여 일간 성장 6.0 μm 로 보고하였다. Kim (2006) 은 수온 29.9 \pm 1.3℃에서 각장 132.7 \pm 6.0 μm 의 유생을 사육하여 4일째에 197.8 \pm 6.1 μm 의 침착기 유생으로 성장하였고 일간 성장은 16.3 μm 로 매우 빠른 성장을 보였다고 보고한 바 있다. 백합의 성장과 생존율을 고려한 유생사육 적정수온은 28-33℃, 최적수온은 33℃로 나타나 적정수온이 높은 경향을 보였다. 본 연구에서 개량조개 유생의 성장은 23℃에서 성장은 사육 14일째 232.3 \pm 9.50 μm 로 나타났으며 수온이 높을수록 빠른 성장을 보였으나 28℃ 이상에서는 50% 미만의 낮은 생존율을 보여 개량조개의 유생사육 적정수온은 20-28℃, 최적수온은 23℃로 나타나 백합에 비해 낮은 경향을 보였다.

Kim (2006) 은 백합 유생의 생존 가능 염분은 10-40 psu, 최적 염분은 25 psu라고 보고하였다. 백합의 경우 염분 10-15 psu에서 80-90%의 높은 생존율을 나타내었고, 25 psu를 중심으로 염분이 낮거나 높을수록 성장이 느린 경향을 보였다. 본 연구에서 개량조개 유생은 30 psu를 중심으로 염분이 낮거나 높을수록 성장이 느린 경향을 보였고, 생존율도 비슷한 경향을 보였으며, 15 psu 이하에서는 전량 폐사하였고 20 psu에서는 30% 미만의 낮은 생존율을 나타내었다. 개량조개는 백합에 비해 저염분에 약하여 최적 염분은 30-35 psu였고, 최소한 25 psu 이상에서 사육하는 것이 적합하다고 판단된다.

이매패류의 인공종묘생산에 있어 유생의 밀도를 높여 사육

하는 것이 경제적이지만, 사육밀도가 한계 이상으로 높아지면 유생 간의 잦은 충돌 등으로 성장이 늦거나 수질의 악화 등으로 폐사하기 쉽다. 백합의 유생은 사육수 1 ml 당 5 개체 이하의 밀도에서는 성장과 생존율이 양호하였으나, 10 개체와 20 개체에서는 다소 성장이 늦어 유생의 사육밀도는 1 ml 당 5 개체 이하가 가장 효과적이라고 보고하였다 (Kim, 2006). 본 연구에서 개량조개 유생은 사육수 1 ml 당 10 개체 이하의 밀도에서는 성장과 생존율이 양호하였으나 20개체 이상에서는 다소 성장이 늦어 유생의 사육밀도는 1 ml 당 10 개체 이하가 가장 효과적이었다. 따라서 개량조개 유생의 빠른 성장과 생존율을 높일 수 있는 유생사육 최적 조건은 수온 23℃, 염분 30-35 psu, 유생 수용밀도 1-10 개체/ml이었다.

이매패류는 미세조류를 여과 섭식하므로 인공종묘생산에 있어 먹이생물인 미세조류의 확보가 매우 중요하며 (Epifanio, 1979), 이매패류의 먹이로는 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis* sp. (green), *Chaetoceros gracilis*, *C. calcitrans* 등이 이용되고 있다 (Delaunary et al., 1992; Marty et al., 1992). 본 연구에서는 *I. galbana*, *P. lutheri*, *Isochrysis* sp. (green), *Chlorella ellipsoidea* 4종류의 미세조류를 단일 공급 및 4종을 혼합하여 공급하였다.

유생사육 시 먹이생물은 미세조류 4종을 혼합 공급한 실험구에서 빠른 성장과 생존율을 높일 수 있었으며, 먹이생물을 단일종만을 공급 시 *I. galbana*와 *Isochrysis* sp. (green) 실험구에서 빠른 성장과 생존율을 높일 수 있었다. 패류 유생 사육 시 *I. galbana*와 *P. lutheri*를 혼합 공급하거나 (Enright et al., 1986) *Isochrysis* sp.와 *Chaetoceros* sp.를 혼합 공급 (Helm and Laing, 1987) 하는 것이 단일종을 공급하는 것 보다 양호한 결과를 얻었으며, 단일종을 공급할 경우 성장 및 생존율이 감소하는 원인이 영양적 측면에서 중요한 요소의 결핍이라고 보고한 바 있다. 본 연구에서 개량조개 유생의 성장은 사육 14일째 4종의 미세조류를 혼합 공급한 실험구에서 가장 빨랐으며, 단일 공급구 중에서는 *I. galbana*와 *Isochrysis* sp. (green) 공급구가 210 μ m 이상의 성장을 보였으나, *P. lutheri*와 *C. ellipsoidea* 공급구는 210 μ m 미만의 저조한 성장과 낮은 생존율을 나타내었다. 이는 다른 연구자들의 결과와 비슷한 경향을 보였으나 개량조개의 경우 *P. lutheri* 보다 *Isochrysis* sp. (green) 를 공급 시 성장과 생존율이 양호하였다.

이상의 연구 결과를 종합하면, 개량조개 유생의 최적 조건은 수온 23℃, 염분 30-35 psu, 1 ml 당 유생 수용밀도는 10 개체 이하에서 그리고 먹이생물은 단일종 보다는 *I. galbana*와 *Isochrysis* sp. (green) 를 포함한 2종 이상을 혼합 공급하는 것이 유생의 빠른 성장과 높은 생존율을 얻어 생산성을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 앞으로는 유생의 개량조개 최적성장

과 먹이생물의 이용성을 높이기 위해 미세조류에 대한 유생의 영양요구 조건 구명 등 개량조개 인공종묘의 생산성을 개선하기 위해서는 보다 심도 깊은 연구가 수행되어야 할 것이다.

요 약

개량조개의 인공종묘생산을 위한 유생사육의 최적 사육환경과 먹이생물의 종류에 따른 유생의 성장 및 생존을 조사하였다. 수온에 따른 유생의 성장은 18℃에서 33℃까지 수온이 높을수록 빨랐으며, 23℃ 이상에서는 사육 14일째 230 μ m 이상 성장하였으나 18℃에서는 151.1 μ m로 성장이 부진하였다. 염분별 유생사육 시 염분 30 psu에서 일간 성장은 11.3 μ m로 가장 빨랐고, 생존율도 65.8%로 가장 높았다. 개량조개 유생은 사육수 1 ml 당 10개체 이하의 밀도에서는 성장과 생존율이 양호하였으나 20개체 이상에서는 다소 성장이 늦어 유생의 사육밀도는 1 ml 당 10개체 이하가 가장 효과적이었다.

개량조개 유생의 빠른 성장과 생존율을 높일 수 있는 유생사육 최적 조건은 수온 23℃, 염분 30-35 psu, 유생 수용밀도 1-10 개체/ml이었다.

유생사육 시 먹이생물은 미세조류 4종 [*Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Isochrysis* sp. (green), *Chlorella ellipsoidea*] 을 혼합 공급한 실험구에서 빠른 성장과 생존율을 높일 수 있으며, 먹이생물을 단일종만을 공급 시 *I. galbana*와 *Isochrysis* sp. (green) 실험구에서 빠른 성장과 생존율을 높일 수 있었다. 따라서 개량조개 유생의 적정 먹이는 *I. galbana*와 *Isochrysis* sp. (green) 를 포함한 2종 이상을 혼합 공급하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Choi, S.S. (1975) Comparative studies on the early embryonic development and growth of *Meretrix lusoria* and *Cyclina sinensis*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **8**: 185-195. [in Korean]
- Choi, S.S. and Song, Y.K. (1974) Studies on the artificial fertilization and development of *Meretrix lusoria*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **7**: 1-6. [in Korean]
- Chung, E.Y., Kim, Y.G. and Lee, T.Y. (1987) A study on sexual maturation of hen clam *Macra chinensis* Philippi. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, **20**: 501-508. [in Korean]
- Chung, E.Y. (1997) Ultrastructural study of germ cell development and reproductive cycle of the hen clam, *Macra chinensis* on the west coast of Korea. *Dev. Reprod.*, **1**: 141-156. [in Korean]
- Delaunary, F., Marty, Y., Moal, J. and Samain, J.F. (1992) Growth and lipid class composition of *Pecten maximus* (L) larvae grown under hatchery conditions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **163**: 209-219.

- Dos Santos, A.E. and Nascimento, I.A. (1985) Influence of gamete density, salinity and temperature on the normal embryonic development of the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* Guiling. *Aquaculture*, **47**: 335-352.
- Duncan, D.B. (1955) Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, **11**: 1-42.
- Enright, C.T., Newkirk and Castell, J.D. (1986) Comparison of phytoplankton as diets for juvenile *Ostrea edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol.*, **96**: 1-13.
- Epifanio, C.E. (1979) Comparison of yeast and algal diets for bivalve molluscs. *Aquaculture*, **16**: 187-192.
- Epifanio, C.E. and Ewart, J. (1977) Maximum ration of four algal diets for the oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Aquaculture*, **11**: 13-29.
- Gallager, S.M. and Mann, R. (1986) Growth and survival of larvae of *Mercenaria mercenaria* (L.) and *Crassostrea virginica* (Gmelin) relative to broodstock conditioning and lipid content of eggs. *Aquaculture*, **56**: 105-121.
- Hanaoka, T. and Shimadzu, T. (1949) Studies on the morphometry and rate of growth in clam, *Macra sulcataria* Reeve, in Tokyo Bay. *Bull. Japan Fish. Soc.*, **15**: 313-317. [in Japanese]
- Helm, M.M. and Laing, I. (1987) Preliminary observations on the nutritional value of Tahiti *Isochrysis* to bivalve larvae. *Aquaculture*, **62**: 281-288.
- Helm, M.M. and Millican P.F. (1977) Experiments in the hatchery rearing of Pacific oyster larvae (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture*, **11**: 1-12.
- His, E. and Seaman, M.N.L. (1992) Effects of temporary starvation in the survival and on subsequent feeding and growth of oyster (*Crassostrea gigas*) larvae. *Mar. Biol.*, **114**: 277-279.
- Hur, Y.B., Min, K.S., Kim, T.I., Lee, S.J. and Hur, S.B. (2008) Larve growth and biochemical composition change of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*, larvae during artificial seed production. *J. Aquacult.*, **21**: 203-212. [in Korean]
- Kim, B.H., Moon, Y.B., Ryu, H.Y. and Han, S.J. (1995) The artificial seedling production of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst.*, **50**: 103-114. [in Korean]
- Kim, B.H., Moon, Y.B., Park, K.Y., Jo, P.G. and Kim, M.C. (2010) Study on spawning induction and larvae breeding of the hard clam, *Meretrix petechialis* (Lamarck). *Korean J. Malacol.*, **26**: 151-156. [in Korean]
- Kim, J.D. and Koo, J.H. (1973) Studies on the seedling production of the ark shell *Anadara broughtonii* (Schrenck) in tank (1). *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, **11**: 71-78. [in Korean]
- Kim, J.D., Cheong, S.C. and Kang, H.W. (1980) Studies on the artificial mass seed production of the ark shell *Anadara broughtonii* (Schrenck) - II. On the intermediate culture of the artificial seed. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, **25**: 45-53. [in Korean]
- Kim, T.Y. (2006) Studies on the artificial seedling production of the hard clam *Meretrix lusoria* (Röding). Ph.D. thesis, Pukyong National University, 114pp. [in Korean]
- Laing, I. and Verdugo, C.G. (1991) Nutritional value of spray-dried *Tetraselmis suecica* for juvenile bivalves. *Aquaculture*, **92**: 207-218.
- Lee, B.H. and Jo, M.K. (1980) Study on spat collection method of scallop *Patinopecten yessoensis* Jay in Yeongil Bay. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, **24**: 59-66. [in Korean]
- Loosanoff, V.L. (1950) Rate of water pumping and shell movements of oyster in relation to temperature (Abstract). *Anat. Rec.*, **108**: 620pp.
- Marty, Y., Delaunary, F., Moal, J. and Samain, J.F. (1992) Changes in the fatty acid composition of *Pecten maximus* (L) during larval development. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **163**: 221-234.
- Min, K.S., Chang, Y.J., Park, D.W., Jung, C.G., Kim, D.H. and Kim, G.H. (1995) Studies on rearing conditions for mass seedling production in Pacific oyster larvae, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, **49**: 91-111. [in Korean]
- Nell, J.A. and Wisely, B. (1984) Experimental feeding of Sydney rock oysters (*Saccostrea commerrilis*) III. Food concentration and fattening procedures. *Aquaculture*, **37**: 197-208.
- Park, K.Y., Kim, S.K., Seo, H.C. Ma, C.W. (2005) Spawning and larval development of Jicon scallop, *Chlamys farreri*. *J. Aquacult.*, **18**: 1-6. [in Korean]
- Park, H.W. and Zhang, C.I. (2008) A population ecological study of the hen clam (*Macra chinensis*) in the Dong-li self-regulatory community of Busan. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, **44**: 129-140. [in Korean]
- Pyen, C.K., Rho, Y.G. and Yoo, Y.K. (1976) Studies on spat collection and rearing of the larvae, *Anadara broughtonii* (Schrenck) in tank. *Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency*, **15**: 7-18. [in Korean]
- Sakurai, I. (1993) Age and growth of the sunary surf clam *Macra chinensis* in Tomakomai, southeast Hokkaido. *Bull. J. Soc. Sci. Fish.*, **59**: 469-472.
- Sakurai, I., Horii, T., Murakami, O. and Nakao, S. (1998) Population dynamics and stock size prediction for the sunray surf clam, *Macra chinensis* at southeast Hokkaido, Japan. *Fish. Bull. NOAA*, **6**: 344-351.
- Walne, P.R. (1974) Shellfish culture. *In*: Sea fisheries research (ed. by Jones, F.R.H.). pp. 379-398. Elek, London.
- Wilson, J.H. (1978) The food value of *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin to the larvae of *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* Thunberg. *Aquaculture*, **13**: 313-323.
- Wisely, B. and Reid, B.L. (1978) Experimental feeding of Sydney rock oyster (*Crassostrea commercialis* = *Saccostrea cucullata*) I. Optimum particle sizes and concentrations. *Aquaculture*, **15**: 319-331.
- Yoo, S.K. (1969) Food and growth of the larvae of

Effects of Rearing Condition and Species of Microalgae on Growth and Survival of Larvae of *Macra chinensis*

certain important bivalves. *Bull. Pusan Fish. Coll.*, **9**: 65-87. [in Korean]

Yoo, S.K. and Park, H.G. (1997) Culture condition and larval growth of the oyster, *Crassostrea nippona*. *J. Aquacult.*, **10**: 97-103. [in Korean]