

# 벗굴 (*Ostrea denselamellosa*) 유생의 생육조건에 따른 성장과 생존

양문호, 오봉세<sup>1</sup>, 한창희<sup>2</sup>

국립수산과학원 남해수산종묘시험장, <sup>1</sup>국립수산과학원 양양내수면 연구소, <sup>2</sup>동의대학교  
분자생물학과

## Growth and Survival Rates of Flat Oyster, *Ostrea denselamellosa*, by Condition of Larval Cultivation

Moon-Ho Yang, Bong-Se Oh<sup>1</sup> and Chang-Hee Han<sup>2</sup>

Namhae Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Namhae 668-820, Korea

<sup>1</sup>Yangyang Inland Fisheries Research institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yangyang 215-821, Korea

<sup>2</sup>Department of Biology, Donggeui University, Busan 614-714, Korea

### ABSTRACT

For the effective seedling production of flat oyster, *Ostrea denselamellosa*, dietary value of live food, densities, water temperature and salinity on growth and survival rate of the larvae were examined. In rearing larvae by feeding them phytoplankton diets, the optimal survival rate and growth rate of larvae were found using a mixed phytoplankton diet which was mixed with *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans* and *Chlorella* sp. The highest growth and survival rates of the larvae were 208.4% and 38.8% with the phytoplankton diet. In growth and survival rates of larvae with various rearing densities, the highest survival and growth rates were 228.1% and 29.0% at the density of 2 individuals/ml.

In observing rearing experiments of the flat oyster larvae under various temperature conditions, average growth rates of the larvae in respect to shell length were 202.2%, 240.4%, 250.6% and 121.3% in natural water temperatures (18-22°C), 24°C, 28°C and 32°C, respectively. And average survival rates of the larvae were 16.0%, 32.0%, 13.0% and 0% in natural water temperatures (18-22°C), 24°C, 28°C and 32°C,

respectively. In rearing at various salinities, the highest growth rates of the larvae in shell length was 240.0% at 30.0 psu and the highest survival rate was 31.0% at 25 psu.

**Keywords:** Flat oyster, Larvae, Growth, Survival, Phytoplankton, Density, Temperature, Salinity.

### 서론

굴 등의 패류 인공종묘생산에 관한 연구는 유럽과 미국에서 오래전부터 수행되어 이미 산업화 단계에 들어가 있다. 하지만 우리나라에서는 어장환경의 오염 및 노화, 모패의 열성화 등 여러 요건으로 인한 유생의 발생부진 및 생존율의 저하로 매년 종묘 확보가 원활치 못하고 풍흉에 시달리고 있다. 근간에 와서야 먹이생물인 식물성플랑크톤 배양기술이 확립되면서 참굴 (Min, 1998) 을 비롯하여 피조개 (Yoo *et al.*, 1993), 왕우럭 (Kim, 1997) 등 여러 종류의 패류들을 대상으로 인공 종묘생산에 대한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다.

참굴의 인공종묘생산에 대한 연구로는 굴의 인공채란시 생식소 발달 촉진과 억제에 미치는 환경적 요인 (Loosanoff and Davis, 1963), 성성숙처리 시간에 따른 유생의 생존과 성장 관계 (Lannan *et al.*, 1980), 생식소 성숙과 유생의 성장에 미치는 환경적 영향 (Helm and Millican, 1977; Breese and Malouf, 1977; Lannan, 1980) 등이 자료가 있으며, 먹이생물과 관련된 연구로는 먹이생물에 따른 유생의 성장효과 (Epifanio, 1979a; Utting, 1986; Helm and Laing,

Received October 25, 2003; Accepted December 6, 2003  
Corresponding author: Han, Chang Hee  
Tel: (82) 51-890-1524 e-mail: chhan@hyomin.donggeui.ac.kr  
1225-3480/19208

© The Malacological Society of Korea

1987), 적정 공급량 (Langton and McKay, 1976; Epifanio and Ewart, 1977) 등 국내외적으로 많은 보고들이 있다.

벗굴에 대한 연구보고는 서식지의 환경특성 (Yang *et al.*, 1999a) 과 유생의 발생 (Yang *et al.*, 1999b), 유생의 수직분포 (Yang *et al.*, 2000) 등 생태에 관한 자료 등이 있으나 인공종묘생산을 위한 기초생물학적 자료는 전혀 없는 실정이다.

따라서 본 실험은 벗굴의 인공종묘생산 기술개발 확립으로 그 생산성을 높일 수 있는 방안을 마련하기 위하여 유생의 사육조건에 따른 성장 및 생존관계를 조사하였다.

### 재료 및 방법

벗굴의 유생사육용 실험수조는 아크릴 사각수조 (40 × 30 × 30 cm, 사용수량 30 liter) 를 이용하였고 유생의 밀도별 실험을 제외한 모든 시험구별로 D형 부유유생을 60,000 개체 (2 개체/ml)씩 수용하여 2반복으로 실시하였다.

적정 사육수온을 구명하기 위한 수온별 실험은 전자식 자동 온도 조절기를 이용하여 조절하였고 수온은 자연수온 (18-22°C), 24, 28 및 32°C로 구분하였다.

유생의 수용 밀도별 실험은 수온 24 ± 1°C, 염분 30 psu에서 D형 유생을 1 ml당 2, 5, 10 및 20 개체의 밀도로 수용하여 실시하였다.

먹이생물의 종과 양을 파악하기 위하여 일반적으로 패류의 먹이생물로 많이 사용하는 Conway배지로 배양한 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*, *Tetracellmis suecica* 및 *Phaeodactylum triconutum* 등 5 종의 조류를 혼합하여 1) *I. galbana* + *C. calcitrans* 혼합구 (이하 I + C구로 표기), 2) *I. galbana* + *C. calcitrans* + *P. lutheri* 혼합구 (이하 I + C + P구로 표기), 3) *I. galbana* + *C. calcitrans* + *T. suecica* 혼합구 (이하 I + C + T구로 표기), 및 4) *I. galbana* + *C. calcitrans* + *P. triconutum* 혼합구 (이하 I + C + Pha구

로 표기) 등 4개의 실험구를 설정하였다.

먹이공급은 사육 6일 까까지는 0.5 × 10<sup>4</sup> cell/ml로 15일 까까지는 3 × 10<sup>4</sup> cell/ml로 그 후 사육실험 종료일까지는 5 × 10<sup>4</sup> cell/ml 기준으로 성장에 따라 조금씩 증가시키면서 오전, 오후 2차례 공급하였다.

염분별 실험은 30 psu 이하의 사육수는 담수를 희석하여 조절하였고, 35 psu 이상의 사육수는 천연소금으로서 조절하여 25 psu, 30 psu, 35 psu, 40 psu로 구분하였다.

유생의 성장도 및 생존율을 파악하기 위하여 사육기간 동안 2일 간격으로 100 ml 비이커로 유생 사육조에서 1차 채취한 후 2차로 피펫을 이용하여 10 ml를 채취하여 계측하였으며 각 장, 각고는 만능투형기 (Nikon V-12) 에서 30 개체씩을 측정하여 평균하였다. 아울러 유생의 호흡과 섬모의 움직임, 먹이 섭취에 의한 색깔의 유무 등으로 생사를 구분하여 생존하고 있는 유생수를 추정하여 Bal and Jones의 법 (Thorarinsdottir, 1991) 으로 성장률 및 생존율을 구하였다.

### 결 과

#### 1. 수온에 따른 유생의 성장 및 생존

수온에 따른 유생의 각장, 각고의 성장 변화는 Fig. 1-A, B 와 같다. 자연수온 (수온범위: 18-22°C)의 경우 실험 시작시 각장, 각고의 크기는 각각 136.0 μm와 120.0 μm이었다. 사육 후 8일째 각각 185.0 μm와 170.0 μm로 24°C와 28°C구와 성장에 차이를 보이지 않았으나 사육 12일째에 접어들면서 각각 211.0 μm와 197.0 μm로 24°C와 28°C구에 비하여 성장이 떨어지기 시작하였다. 그 후 이러한 성장 경향은 실험종료시인 사육 20일째까지 지속되었다

24°C의 실험구는 사육 12일째는 각장, 각고가 각각 224.0 μm와 203.0 μm로 성장하여 자연조건 실험구 보다는 성장이 빠르지만 28°C의 조건에서 사육한 경우보다는 성장이 느렸

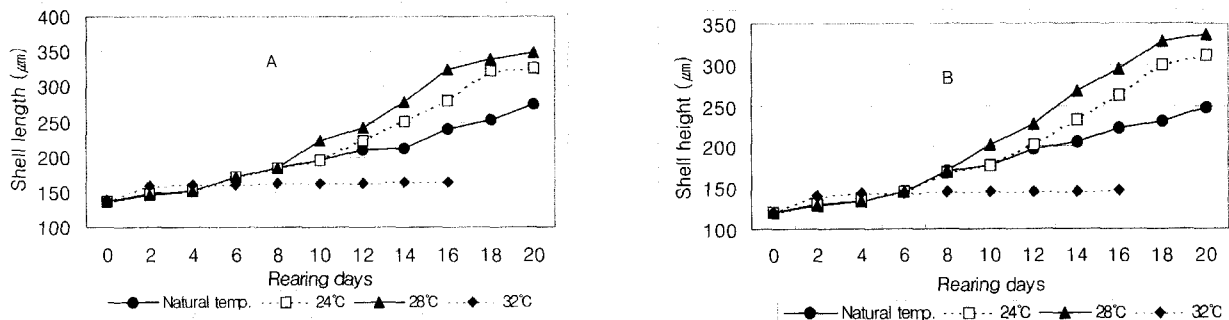


Fig. 1. Growth of shell length (A) and shell height (B) of flat oyster larvae at different rearing water temperature.

으며 이러한 경향은 시험종료시까지 지속되었다.

28℃구에서는 사육 8일째까지 다른 실험구와 유사한 성장을 보였으나 10일째부터 다른 실험구보다 성장율이 높게 나타나기 시작하여 실험종료시인 사육 20일에는 평균 각장, 각고가 349.0 μm와 336.0 μm로 가장 높은 성장을 나타냈다.

32℃구는 사육 4일째부터 각장과 각고가 160 μm와 143 μm로 성장하여 일간성장율이 각각 0.55%와 0.71%로 나타났으나 그 후 계속하여 사육 16일째까지 일간 성장율이 0.23%-0.70%범위로 거의 성장이 이루어지지 않았으며 16일에 전량 폐사하였다.

각 수온조건에 따른 생존율의 변화는 Fig. 2-A, B에 보는 바와 같다. 실내수온 자연조건 (18-22℃) 에서 사육한 경우에 사육 4일까지는 일간 생존율 0.950 및 생존율이 82.0%로 나타나 다른 실험구보다 높았다. 그러나 사육 6일째부터 24℃ 실험구보다 생존율이 떨어지기 시작하여 사육 16일째에는 일간 생존율 0.905 및 생존이 22.0%로 24℃보다는 낮고 28℃와 비슷한 생존율을 나타냈다.

24℃구에서는 사육 4일째까지 일간 생존율 0.921 및 생존율이 74.0%로 나타났으나 사육 6일째부터는 생존율이 70.0%를 보이면서 가장 양호한 생존양상을 보였다. 이러한 높은 생존율은 사육실험 종료시점까지 지속되어 최종생존율이 32.0%로 가장 높게 나타났다.

28℃구에서는 사육 6일째까지는 일간 생존율 0.957 및 생존율이 61.0%로 나타나고 사육 8일째부터는 24℃구보다는 생존율이 낮았으나 실내 자연수온과는 유사한 생존율을 나타내었다.

32℃구에서는 사육 2일째부터 일간 생존율 및 생존율이 0.805 및 생존율이 68.0%로 가장 생존율이 떨어지는 현상을 보였으며 그 후 급격하게 생존율이 떨어져 사육 6일째에는 일간 생존율 0.612 및 생존율이 20.0%로 다른 실험구에 비하여 생존율이 매우 낮게 나타났다. 그 후 계속 생존율이 내려가 사육 16일에는 살아있는 개체들은 보이지 않았다.

2. 수온 밀도에 따른 유생의 성장 및 생존

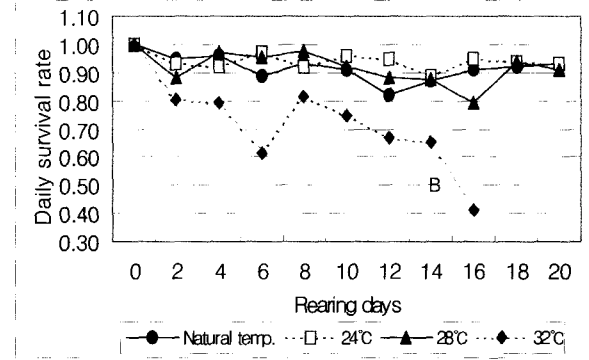
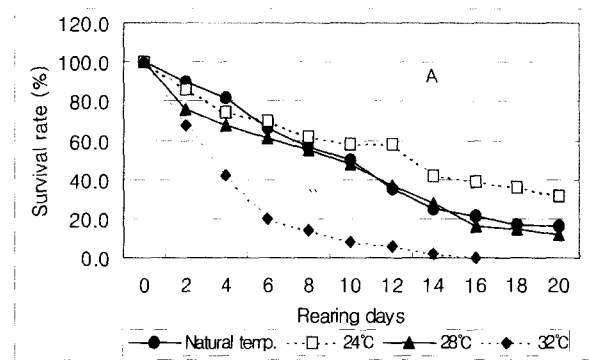


Fig. 2. Changes in survival rate (A) and daily survival rate (B) of flat oyster larvae at different rearing water temperature.

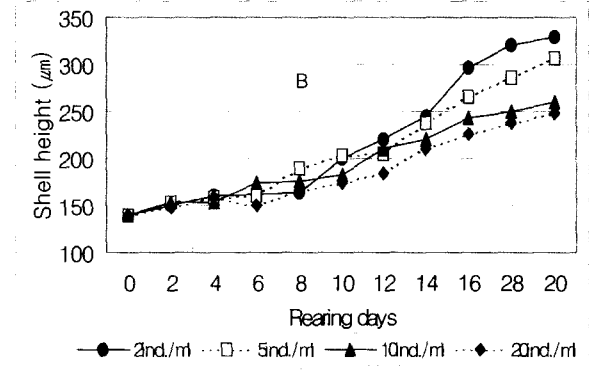
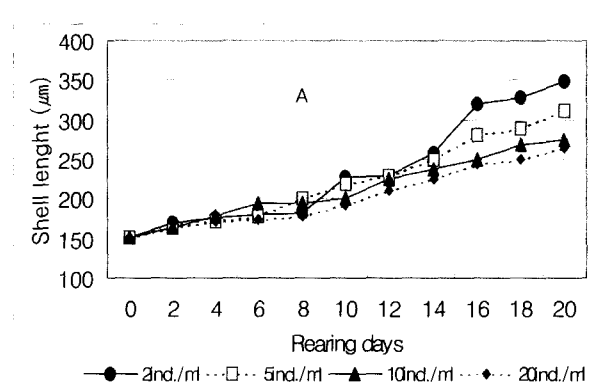


Fig. 3. Growth of shell length (A) and shell height (B) of flat oyster larvae at different rearing densities.

유생의 수용밀도에 따른 성장율은 Fig. 3-A, B와 같다. 유생의 밀도를 2 개체/ml로 사육한 경우 12일째까지는 각장, 각고가 각각 230.0  $\mu\text{m}$ 와 207.0  $\mu\text{m}$ 로 다른 실험구와 거의 비슷한 성장을 하였으나 14일째에 일간성장율이 각장과 각고에서 각각 7.08%와 8.22%로 다른 실험구보다 높게 나타나면서 실험종료시인 사육 20일째까지 지속되어 각장과 각고가 각각 349.0  $\mu\text{m}$ 와 330.0  $\mu\text{m}$ 으로 가장 높은 성장을 보였다.

5 개체/ml구는 2 개체/ml구처럼 사육 12일째까지는 각장과 각고가 각각 229.0  $\mu\text{m}$ 와 206.0  $\mu\text{m}$ 로 성장하여 다른 실험구와 동일한 성장 양상을 보이다 14일째에는 일간 성장율이 각각 5.96%와 7.01%로 양호한 성장율을 보이면서 2 개체/ml의 실험구 다음으로 양호한 성장을 보여 사육종료시에는 각장과 각고가 각각 312.0  $\mu\text{m}$ 와 307.0  $\mu\text{m}$ 로 성장하였다.

10 개체/ml구는 14일에 각장과 각고가 각각 238.0  $\mu\text{m}$ 과 221.0  $\mu\text{m}$ 로 성장하여 일간 성장율이 각각 2.81%와 2.08%로 나타나서 2 개체/ml의 실험구와 5 개체/ml의 실험구보다 낮게 나타났다.

20 개체/ml구는 사육 4일째까지는 다른 실험구와 비슷하였으나 각장, 각고가 각각 180.0  $\mu\text{m}$ 와 167.0  $\mu\text{m}$ 로 가장 낮은 값을 보였으며, 일간성장율에서도 12일째부터 각장과 각고에서 각각 4.66%와 5.22%로 나타나 다른 실험구에 비하여 가장 낮게 나타났다.

유생의 수용밀도에 따른 생존율은 Fig. 4-A와 같다. 유생의 생존율은 사육 2일 후부터 저밀도 실험구인 2, 5 개체/ml구에서 생존율이 각각 89.0%와 86.0%로 나타난 반면 10, 20 개체/ml구에서는 각각 80.0%와 78.0%로 나타나 사육밀도에 따른 생존율에 차이를 보이기 시작하였다.

사육 10일 후에는 차이가 현저하게 나타나 2 개체/ml와 5 개체/ml구에서는 생존율이 각각 68.0%와 65.0%로 나타났으며, 10 개체/ml와 20 개체/ml구에서는 각각 47.0%와 40.0%

로 나타났다. 이러한 양상은 실험 종료시점까지 지속되어 2 개체/ml와 5개체/ml구는 생존율이 각각 29.0%와 28.0%로 나타났고 10 개체/ml, 20 개체/ml구에서는 각각 13.0%와 9.0%로 나타나 2 개체/ml와 5 개체/ml구에 비하여 현저한 낮은 생존율을 나타내었다. 각 실험구별의 생존율은 유생의 사육밀도가 높을수록 생존율에서 낮게 나타나는 경향을 보였다.

일간생존율은 Fig. 4-B에서 보는 바와 같이 2 개체/ml구와 5 개체/ml구에서 각각 0.940 및 0.938로 거의 유사한 값을 보였고, 최종 생존율에서도 각각 29.0%, 28.0%로 거의 같은 값을 나타내었다. 그러나 10 개체/ml와 20 개체/ml구에서는 10 개체/ml구가 20 개체/ml구보다 양호한 결과를 얻었으나 2 개체/ml구와 5 개체/ml구에 비해서는 현저하게 낮은 결과를 보여주고 있다.

### 3. 먹이생물에 따른 유생의 성장 및 생존

먹이생물의 혼합 공급구 I + C구, I + C + P구, I + C + T구, I + C + Pha구 등 4개의 실험구에 대한 유생의 각장과 각고의 성장변화는 Fig. 5-A, B와 같다. I + C구의 각장, 각고의 성장변화는 사육개시시 136.0  $\mu\text{m}$ , 120.0  $\mu\text{m}$  크기였으며 사육 10일까지는 202.0  $\mu\text{m}$ , 183.0  $\mu\text{m}$ 로 다른 먹이생물 혼합구와 비슷한 성장을 보이다 12일째부터는 조금씩 차이를 보이면서 사육 종료시인 20일에 각장과 각고의 크기가 각각 280.0  $\mu\text{m}$ 와 264.0  $\mu\text{m}$ 로 성장하여 가장 낮은 성장율을 보였다.

I + C + P구는 사육 14일에는 각장과 각고가 각각 264.0  $\mu\text{m}$ , 246.0  $\mu\text{m}$ 로 실험구중 가장 성장이 양호한 경향을 보이다가 종료일인 사육 20일에는 316.0  $\mu\text{m}$  및 300.0  $\mu\text{m}$ 로 I + C + T구와 비슷한 성장을 나타내었다.

I + C + T구는 유생사육 실험 시작부터 타 실험구들보다 조금씩 높은 성장을 보이기 시작하여 실험 종료시점에는 가장

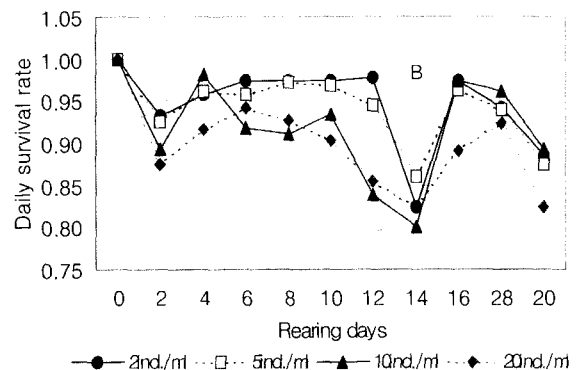
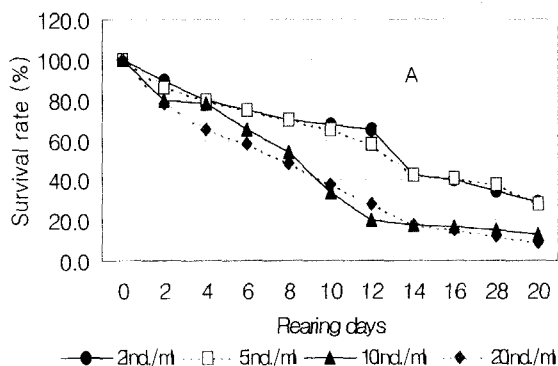


Fig. 4. Changes in survival rate (A) and daily survival rate (B) of flat oyster larvae at different rearing densities.

과 각고가 각각 321.0  $\mu\text{m}$ 과 307.0  $\mu\text{m}$ 로 성장하여 가장 양호하였다.

I + C + Pha구는 사육 10일까지는 각장, 각고 모두 다른 실험구들에 비하여 가장 낮은 값을 보였으나 12일부터 각장, 각고가 각각 214.0  $\mu\text{m}$ 와 191.0  $\mu\text{m}$ 로 성장하였으며 그 후 성장 양상은 I + C구와 거의 같은 모습을 보이면서 실험 종료 시에는 각각 283.0  $\mu\text{m}$ , 267.0  $\mu\text{m}$ 로 성장하였다.

먹이공급에 따른 각 실험구별 생존율의 변화는 Fig. 6-A와 같다. I + C구에서는 타실험구들보다 낮은 생존율을 보이면서 실험 종료일에 20.1%로 가장 낮은 생존율을 보였다.

I + C + P구에서는 사육 후 4일까지는 다른 실험구들보다 높은 생존율을 보이다가 6일째부터 종료시까지 I + C + T구 다음으로 높은 생존율을 보였다.

I + C + T구는 사육 후 4일째까지는 다른 실험구들과 유사한 생존율을 보이다가 6일째부터는 다른 실험구들보다 높게

나타나면서 종료시에 38.8%로 가장 높은 생존율을 보였다.

I + C + Pha구는 실험개시부터 종료시까지 계속하여 I + C구와 비슷한 감소현상을 보이다 22.3%의 생존율을 보였다.

일간 생존율은 (Fig. 6-B) 일반적으로 성장이 양호한 실험구에서 생존율도 양호하게 나타났으며 성장이 양호한 실험구중에서도 I + C + T의 혼합구가 I + C + P의 혼합구보다 생존율이 높게 나타났다.

#### 4. 염분농도에 따른 유생의 성장 및 생존

염분농도를 25 psu, 30 psu, 35 psu, 및 40 psu의 4개 실험구에서 유생의 각장과 각고의 성장율은 Fig. 7-A, B과 같다. 사육 후 8일 까까지는 각장이 모든 실험구에서 178.0-185.0  $\mu\text{m}$ 의 범위로 실험구간의 성장차이는 거의 없어 모두 비슷한 양상을 보였다. 각고도 모든 실험구에서 160.0-167.0  $\mu\text{m}$ 의 범위로 실험구별 성장 차이는 거의 보이지 않았다.

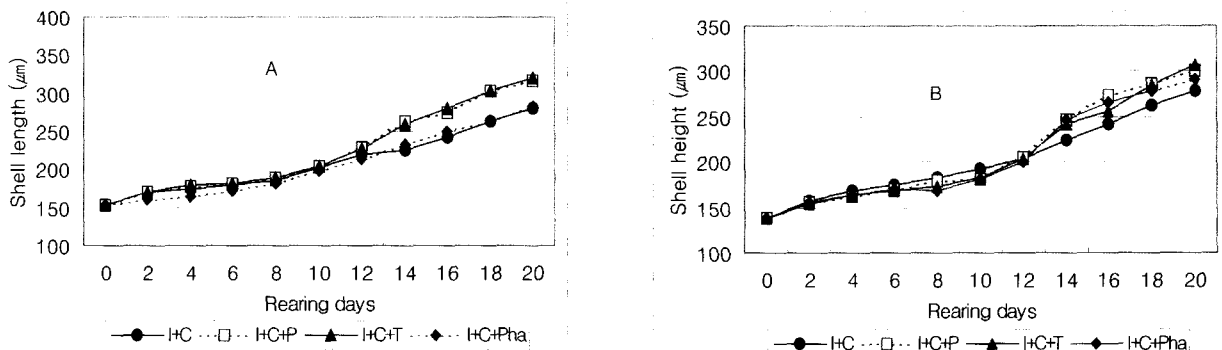


Fig. 5. Growth of shell length (A) and Shell height (B) of flat oyster larvae fed on different mixed diets of phytoplankton. I: *Isochrysis galbana*, C: *Chaetoceros calcitrans*, P: *Pavlova lutheri*, T: *Tetracellmis suecica*, Pha: *Phaeodactylum triconutum*.

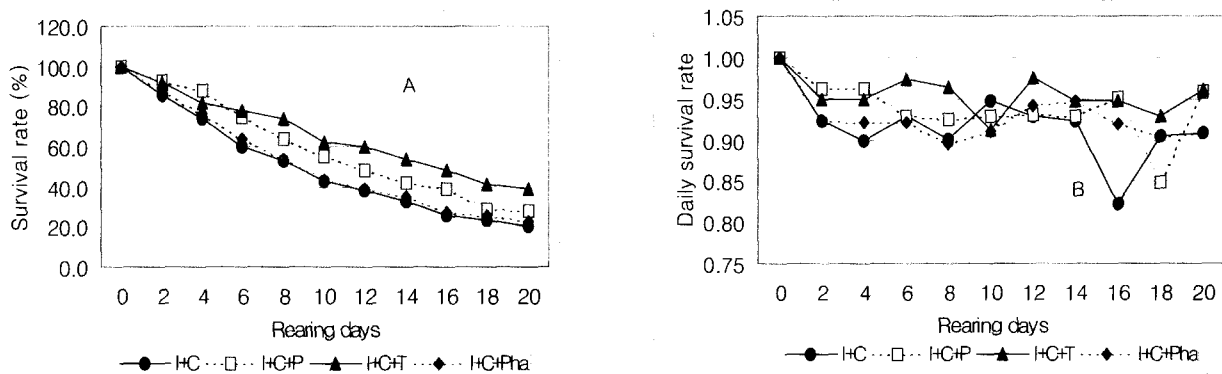


Fig. 6. Changes in survival rate (A) and daily survival rate (B) of flat oyster larvae fed on different mixed diets of phytoplankton. I: *Isochrysis galbana*, C: *Chaetoceros calcitrans*, P: *Pavlova lutheri*, T: *Tetracellmis suecica*, Pha: *Phaeodactylum triconutum*.

사육 후 10일경부터 서로 차이를 보이면서 12일부터는 25 psu에서 사육한 유생들의 각장, 각고가 215.0  $\mu\text{m}$  및 200.0  $\mu\text{m}$ 로 나타나기 시작하여 시험 종료시에는 각장, 각고가 각각 303.0  $\mu\text{m}$ 와 287.0  $\mu\text{m}$ 로 35 psu 및 40 psu에서 사육한 유생들 보다는 높았고 30 psu에서 사육한 것 보다는 다소 낮은 성장을 보였다.

30 psu의 실험구에서는 14일째부터는 각장과 각고가 각각 251.0  $\mu\text{m}$ 과 231.0  $\mu\text{m}$ 로 나타나서 다른 실험구에 비하여 높은 성장을 나타내었다. 이러한 경향은 실험종료시까지 계속되어 각장 각고가 각각 318.0  $\mu\text{m}$ 와 299.0  $\mu\text{m}$ 로 성장하여 가장 높게 나타났다.

35 psu구는 사육 후 4일까지는 다른 실험구와 비슷한 성장을 보였으나 사육 10일 째에 일간성장율이 각장과 각고에서 각각 0.81%와 1.21%로 나타나 성장이 둔화된 양상을 보였으며 40 psu 실험구 다음으로 가장 낮은 성장을 나타내었다.

40 psu구는 사육 후 6일까지는 다른 실험구와 비슷한 성장을 나타냈으나 8일째부터는 일간성장율이 각장과 각고에서 각각 0.85%와 0.95%로 성장이 둔화된 현상을 보이다가 12일째 일간성장율이 각각 0.28%와 0.31%로 각장과 각고가 각각 181.0  $\mu\text{m}$  및 163.0  $\mu\text{m}$ 로 성장이 정지되었다.

염분별 유생의 생존율은 Fig. 8-A에서 보는 바와 같다. 25 psu구가 30 psu구보다 다소 높은 생존율을 보이는 경향이 있으나 두 실험구간은 비슷한 감소현상을 보여 종료시인 사육 20 일째에는 25 psu구와 30 psu구의 생존율은 각각 31.0%와 28.0%로 나타났다.

35 psu구는 사육 2일째에 일간 생존율이 0.89로서 25 psu구와 30 psu구의 일간 생존율 0.90과 0.91보다 낮은 생존율을 나타내었다 (Fig. 8-B). 그 후 일간 사망율은 점점 높아지는 경향을 보이면서 사육 12일에는 생존율이 27.0%, 종료시에는 11.0%로 나타났다.

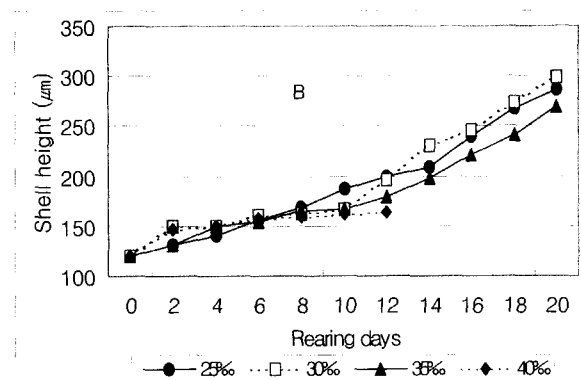
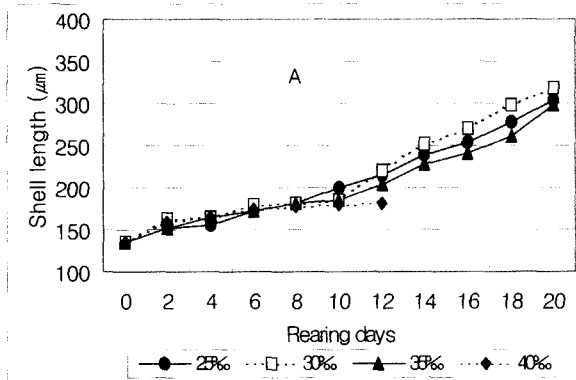


Fig. 7. Growth of shell length (A) and shell height (B) on larvae of flat oyster Reared in different salinities.

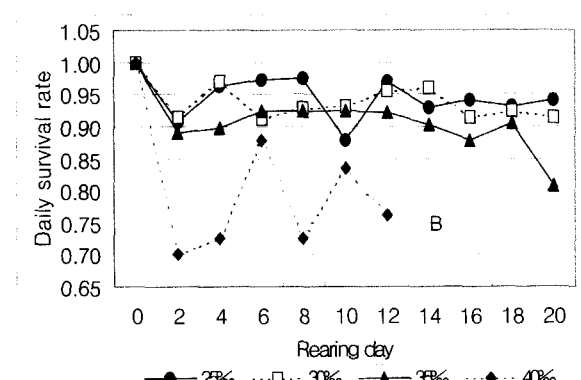
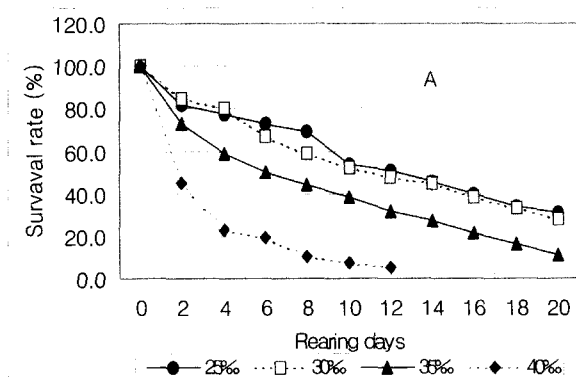


Fig. 8. Changes in survival rate (A) and daily survival rate (B) on larvae of flat oyster reared in different salinities.

40 psu 실험구에서는 사육 2일 째부터 일간 생존율이 0.70로 급격히 낮게 나타나면서 생존율은 45%로 다른 실험구에 비하여 현저하게 낮게 나타나기 시작하였다. 사육 6일째에는 생존율이 19.0%, 10일 째에는 7.0%로 떨어졌고 12일에는 전량 폐사되었다. 각 실험구별의 생존율은 25 psu 및 30 psu 실험구에서 서로 비슷한 상태로 높게 나타났고 다음으로 35 psu 실험구였으며 40 psu에서는 12일에 폐사하여 사육할 수 없는 조건으로 나타났다.

## 고 찰

저서동물인 벃굴의 서식에 영향을 미치는 환경요인으로는 수심, 수온, 염분, 용존산소, 유기물, 탁도, 퇴적물 입도 및 퇴적상 등 여러 가지가 있으며 (Askew, 1972; Agius *et al.*, 1978; Brown and Hartwick, 1988), 이들 환경요인은 양식생물의 생산성과 밀접한 관계를 가지고 있다 (Bae and Han, 1998; Kim, 1990; Yoo, 1984). Kinoshita (1989)는 유생 부유 기간이 수온에 의해 영향을 받는다고 하였고, 참굴의 유생사육 시 적합한 수온을 His *et al.* (1989)은 30°C, Helm and Millical (1977)은 28°C라 하였으며, 강굴의 경우 Breese and Malouf (1977)은 28°C라 하였으며 Yoo and Kang (1995)은 24-28°C라고 하여 연구자에 따라 조금씩 차이를 보이고 있다.

본 연구에서 수온별에 대한 실험결과를 보면 벃굴도 다른 패류와 같이 수온이 상승할수록 유생의 성장은 빠른 것으로 나타났다. 반면, 32°C와 같은 고 수온에서는 거의 성장하지 않음을 알 수 있었는데, 이는 고 수온에서의 유생들을 관찰하였을 때 섬모운동 등이 활발하지 않고 섭이 활동이 현저하게 떨어지는 것으로 보아 적응환경이 아니라 생각된다. 그리고 생존율에서는 성장이 가장 빨랐던 28°C의 수온 조건에서의 20일간 평균 일간 사망율이 0.100으로 실내수온과 24°C 실험구에서의 일간 사망율 0.090, 0.057 보다 높게 나타났다. 또한, 일간 생존율에서는 0.900으로 실내수온과 24°C 실험구에서의 일간 생존율 0.910, 0.943 보다 낮게 나타나 비교적 낮은 생존율을 보였으나 성장은 양호하였다. 따라서 본 종의 유생사육은 24°C 전후로 하여 사육하는 것이 가장 바람직한 것으로 판단된다.

패류에서 적정 사육밀도에 대한 실험은 참굴 (Breese and Malouf, 1977; Min, 1998; Kim, 1996), 꼬끼리조개 (Lee, 1995), 해가리비 (Son, 1997) 등 여러 종에서 보고된 바가 있다. 이들 결과에서 종에 따라 적정 사육밀도는 다소 다르게 나타나고 있으나 일반적으로 사육밀도가 낮을수록 성장이 빠른 경향을 보이고 있다. 대부분의 종에서 성장률과 생존율 등을 비교하여 경제성을 고려하였을 때 5 개체/ml의 밀도로 사육하는 것이 가장 바람직하다고 보고하고 있다. 본 종에 대한 실험에서도 사육밀도가 낮을수록 성장과 생존율에서 양호한 결과를

보였으나 2 개체/ml의 밀도로 사육한 결과와 5 개체/ml의 밀도로 사육한 결과에서 성장이나 생존율에 큰 차이를 보이지 않아 본 종의 유생을 사육할 때도 5 개체/ml의 밀도로 사육하는 것이 가장 바람직하다고 하겠다.

패류 유생사육의 먹이생물에는 본 실험에서 사용한 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri*, *Tetracellmis suecica* 및 *Phaeodactylum tricornutum* 외에도 *Skeletonema costatum*, *Phaeodactylum tricornutum* 등 여러 종이 사용되고 있다. 유생사육에 대한 식물성플랑크톤에 대한 연구로는 Yoo (1984), Kim (1994), Hur (1994), Lim (1993), Kim (1996), Na *et al.* (1995) 등 많은 연구가 있으며, Min (1997)은 참굴 유생의 먹이생물을 조사한 보고에서 편모조류인 *P. lutheri*와 *I. galbana*를 공급한 실험구에서는 사육 20일 후에 15%와 14.3%의 생존율을 나타낸 반면 *C. calcitrans*, *T. suecica*, *Chlorella sp.*를 공급한 실험구에서는 사육 6일 후부터 생존율이 급격하게 떨어져 사육 15일 전후로 모두 폐사한 결과를 얻어 3종은 참굴의 먹이로는 적합치 못한 것으로 보고하였다.

한편 본 종과 유사한 넓적굴인 *Ostrea edulis*에 대하여 Laing and Milican (1986)은 부착기의 유생 먹이실험에서 *Chaetoceros calcitrans*가 가장 효과가 좋았으며 그 다음으로는 *C. salina*, *Isochrysis galbana*, *Skeletonema costatum*, *Tetracellmis suecica* 순으로 먹이효과가 좋았다는 실험결과를 보고하였다. 또한 Yoo *et al.* (1993)에 의한 피조개 유생사육에서도 *C. calcitrans*, *I. galbana*를 공급한 실험구가 *Pavlova lutheri*와 *Chlorella sp.*를 공급한 실험구보다 생존율에서 좋은 효과를 보여주었다. 본 실험 결과에서도 *C. calcitrans*, *I. galbana*를 공급한 실험구가 생존율이 높게 나타났다. 그리고 혼합공급의 먹이효과에 관하여 외국에서는 주로 버지니아 굴 (Epifanio, 1979b; Ewart and Epifanio, 1981; Romberger and Epifanio, 1981)과 넓적굴 (Wilson, 1978; Rodhouse *et al.*, 1983; Enlight *et al.*, 1986; Laing and Milican, 1986; Utting, 1988)에서 주로 연구가 이루어져 있으며, 국내에서는 참굴 (Min, 1998), 해가리비 (Son, 1997), 꼬끼리조개 (Lee, 1995) 등에서 연구가 이루어져 있다.

Helm and Laing (1987)은 *Isochrysis galbana*와 *Chaetoceros calcitrans*를 이용하여 먹이공급 방법에 따른 패류 유생의 성장 비교 실험에서 단일 종을 공급한 경우보다 두 종을 혼합하여 공급한 경우가 성장에 양호한 결과를 얻었다고 보고하고 있다. 이러한 결과들은 피조개 (Yoo *et al.*)에서도 같은 결과를 보고하고 있다. 피조개의 경우는 *I. galbana*와 *Pavlova lutheri*를 혼합하여 공급한 실험구와 *P. lutheri*와

*Chlorella* sp.를 혼합하여 공급한 실험구가 가장 성장이 양호하다는 결과를 얻었다고 보고하고 있다. 그러나 본 종의 유생에서는 *I. galbana*와 *Phaeodactylum tricornutum*를 혼합하여 공급한 실험구가 성장이나 생존율에서 다른 실험구에 좋은 경향을 보이지는 않았다. 그리고 넓적굴에서 혼합하는 먹이생물의 종 조성과 배합비율에 따라 먹이효과도 다른 결과를 보여주고 있어 (Laing and Millican, 1986) 먹이투여 효과를 높이기 위해서는 먹이생물의 종 선택과 배합비율도 조사되어야 할 것이다.

먹이생물을 혼합하여 공급하였을 때는 *Isochrysis galbana*와 *Chaetoceros calcitrans* 만을 혼합하여 공급하였을 때보다 이들 두 종에 *Pavlova lutheri*나 *Tetracellmis suecica*를 첨가하여 먹이로 주었을 때가 성장에 양호한 것으로 나타났고 생존율에서도 *T. suecica*를 첨가한 것이 38.8%로 가장 높게 나타났다. 이는 혼합공급으로 직접적인 먹이로 이용 및 영양적인 면에서 결핍된 요소를 보충하여 주는 효과가 있다고 생각되어진다.

본 실험에서 염분에 따른 성장은 30 psu의 조건에서 가장 양호하게 나타났고, 그 다음으로 25 psu, 35 psu, 40 psu 순으로 나타났다. 생존율 및 일간생존율은 염분이 25-30 psu에서 양호한 생존을 나타냈으나 40 psu를 제외한 광염성임을 보여주고 있다. Clotteau and Dube (1993)는 북방대합 등의 패류 사육을 위해서는 염분 20-35 psu의 고염분에서 수중용이 80% 이상을 나타낸다고 한 반면, Ayers (1956)는 우럭 (*Mya arenaria*)에서 염분 31.5% 이하의 저염분에서 생존율이 양호하게 나타난다고 하여 각각의 의견차는 있으나 본 종의 유생을 사육할 때에는 광염성의 종류이지만 정상해수보다 염분 농도가 소량 낮은 조건인 25-30 psu에서 사육하는 것이 바람직하다고 생각된다.

## 요 약

벗굴의 인공종묘생산 기술개발 확립의 일환으로 유생사육조건인 수온별, 밀도별, 먹이별, 염분별에 따른 성장 및 생존관계를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

실내 자연수온 (18℃-22℃), 24℃, 28℃ 및 32℃의 수온별에 따른 성장은 실험개시 시 평균 각장, 각고가 각각 136.0, 120 μm였던 D형 유생이 사육 후 8일까지는 시험구별의 성장 차이는 나타나지 않았으나 사육 12일째부터는 성장 차를 보이며 부착기인 20일에는 각장이 실내 자연수온구에서 275.0 μm (성장율 202.2%), 24℃구에서 327.0 μm (240.4%), 28℃구에서 349.0 μm (256.6%) 및 32℃구에서는 165.0 μm (121.3%)로 28℃에서 가장 높은 성장율을 나타내었다.

수온별의 최종생존율은 실내 자연수온구 (18-22℃)에서 16.0%, 24℃에서 32.0%, 28℃에서 13.0%, 32℃에서 0%로

24℃에서 32.0%로 가장 생존율이 양호하였다.

사육밀도에 따른 성장은 2 개체/ml구 (228.1%), 5 개체/ml구 (203.9%), 10 개체/ml구 (181.7%), 20 개체/ml구 (174.5%)로 성장하여 밀도가 가장 낮은 2개체/ml구에서 228%로 가장 높은 성장을 보였으며 생존율도 각각 29.0%, 28.0%, 13.0%, 9.0%로 밀도가 낮은 순으로 높게 나타났다.

먹이생물 공급에 대한 벗굴 유생의 성장은 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans* 및 *Tetracellmis suecica*의 3종을 혼합 공급한 실험구에서 가장 높게 나타났으며 최종 성장율은 208.4%였다. 생존율도 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans* 및 *Tetracellmis suecica*의 3종을 혼합 공급한 실험구에서 38.8%로 가장 높은 생존율을 보였다.

염분에 따른 유생의 성장은 최초 평균 각장이 132.0 μm인 D형 유생이 시험종료 시에는 25 psu에서 303.0 μm (229.5%), 30 psu는 318.0 μm (240.9%), 35 psu는 298.0 μm (225.7%), 40 psu가 181.0 μm (137.1%)로 성장하여 30 psu에서 가장 높은 성장을 나타냈다.

염분별의 최종생존율은 25 psu에서 31.0%, 30 psu는 28.0%, 35 psu는 11.0%, 40 psu가 0% 순으로 25 psu에서 가장 높게 나타났다.

## 감사의 글

이 논문은 해양수산부에서 지원한 동의대학교 수산특정연구 사업비에 의해 수행된 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Agius, C., Jaccarini, V. and Ritz, D.A. (1978) Growth trials of *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* in inshore waters of Malra (Central Mediterranean). *Journal of Aquaculture*, **15**: 195-218.
- Askew, C.G. (1972) The growth of oyster, *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas*, in Ernsworth Harbour. *Journal of Aquaculture*, **1**: 237-259.
- Ayers, J.C. (1956) Population dynamics of the marine clam, *Mya arenaria*. *Limnology and Oceanography*, **1**: 26-34.
- Bae, P.A. and Han, C.H. (1998) Effects of nursery environmental factors on the growth of pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Korean Journal of Aquaculture*, **11**(3): 391-400. [in Korean]
- Breese, W.P. and Malouf, R.E. (1977) Hatchery rearing techniques for the oyster *Crassostrea rivularis*. *Journal of Aquaculture*, **12**: 123-126.
- Brown, J.R. and Hartwick, B. (1988) Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. I. Absolute and allometric growth. *Journal of Aquaculture*, **70**: 231-251.
- Clotteau, G. and Dube, F. (1993) Optimization of



- fertilization parameters for rearing surf clams, *Spisula solidissima*. *Journal of Aquaculture*, **114**: 339-353.
- Enright, C.T., Newkirk, G.F. and Castell, J.D. (1986) Comparison of phytoplankton as diets for juvenile *Ostrea edulis* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **96**: 1-13.
- Epifanio, C.E. and Ewart, J. (1977) Maximum ration of four algal diets for the oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Journal of Aquaculture*, **11**: 13-29.
- Epifanio, C.E. (1979a) Comparison of yeast and algal diets for bivalve molluscs. *Journal of Aquaculture*, **16**: 187-192.
- Epifanio, C.E. (1979b) Growth in bivalve molluscs: Nutritional effects of two of more species of algae in diets fed to the American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin) and the hard clam *Mercenaria mercenaria* (L.). *Journal of Aquaculture*, **18**: 1-12.
- Ewart, J.W. and Epifanio, C.E. (1981) A tropical flagellate food for larval and juvenile oysters, *Crassostrea virginica* Gmelin. *Journal of Aquaculture*, **22**: 297-300.
- Helm, M.M. and Mullican, P.F. (1977) Experiment in the hatchery rearing of Pacific oyster larvae, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Journal of Aquaculture*, **11**: 1-12.
- Helm, M.M. and Laing, I. (1987) Preliminary observations on the nutritional value of Tahiti *Isochrysis* to bivalve larvae. *Journal of Aquaculture*, **62**: 281-288.
- His, E., Robert, R. and Dinot, A. (1989) Combined effects of temperature and salinity on fed and starved larvae of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* and the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. *Journal of Marine Biology*, **100**: 455-463.
- Hur, Y.B. (1994) Comparative on the embryonic development and the growth of larvae of eight bivalve species. 82 pp. M.S. Thesis, Pusan National Fisheries University, Busan. [in Korean]
- Kim, A.Y. (1990) A Comparative study of oyster culture in Japan and Korea-Culture of hardened seed oyster. *Bulletin of Korean Fishery Society*, **23**(3): 253-262 [in Korean]
- Kim, B.H. (1996) Studies on artificial seedling production of pacific oyster, *Crassostrea gigas*. 32 pp. M.S. Thesis, Yosu National Fisheries University, Yosu, [in Korean]
- Kim, C.W. (1996) Selection of optimum species of Tetraselmis for mass culture and dietary value of *T. suecica*. 62 pp. M.S. Thesis, Pusan National Fisheries University, Busan.. [in Korean]
- Kim, H.Y. (1994) Live foods for the spat of scallop (*Patinopecten yessoensis*) in the laboratory culture. 62 pp. MS. Thesis, Pusan National Fisheries University, Pusan. [in Korean]
- Kinoshita, C. (1989) Thermal tolerance of eggs and larvae of Japanese surf clam, *Pseudocardium sachalinensis* (Schrenck). *Suisanxoshoku*, **37**: 9-14.
- Laing, I. and Millcan, P.F. (1986) Relative growth and growth efficiency of *Ostrea edulis* L. spat fed various algal diets. *Journal of Aquaculture*, **54**: 245-262.
- Langton, R.W. and Mckay, G.U. (1976) Growth of *Crassostrea gigas* (Thunberg) spat under different feeding regimes in a hatchery. *Journal of Aquaculture*, **7**: 225-233.
- Lannan, J.E. (1980) Broodstock management of *Crassostrea gigas*. I. Genetic and environmental variation in survival in the larval rearing system. *Journal of Aquaculture*, **21**: 323-336.
- Lannan, J.E., Robinson, A. and Breese, W.P. (1980) Broodstock management of *Crassostrea gigas*. II. Broodstock conditioning to maximize larval survival. *Journal of Aquaculture*, **21**: 337-345.
- Lee, C.S. (1995) Studies on the reproductive biology of geoduck clam, *Panope japonica*. 102 pp. M.S. Thesis, Cheju National University, Jeju. [in Korean]
- Lim, H.J. (1993) The optimum culture environment and digestibility of *Spirulina platensis* on marine bivalve spats. 53 pp. M.S. Thesis, Pusan National Fisheries University, Busan. [in Korean]
- Loosanoff, V.L. and Davis, H.C. (1963) Rearing of bivalve molluscs. *Advanced Marine Biology*, **1**: 1-136.
- Min, K.S. (1998) Studies on the commercial scale production of artificial seedling of the pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). 248 pp. Ph. D. Thesis, Pusan National Fisheries University, Busan. [in Korean]
- Na, G.H., Jeong W.G. and Cho, C.H. (1995) A study on seedling production of jicon scallop, *Chlamys farreri*, 1. Spawning, development and rearing of larvae. *Korean Journal of Aquaculture*, **8**(4): 307-316 [in Korean]
- Rodhouse, P.G., Roden, C. and Somerville-Jacklin, M.E. (1983) Nutritional value of microalgal mass cultures to the oyster *Ostrea edulis* (L.). *Journal of Aquaculture*, **32**: 11-18.
- Romberger, H.P. and Epifanio, C.E. (1981) Comparative effects of diets consisting of one or two algal species upon assimilation efficiencies and growth of juvenile oysters, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Journal of Aquaculture*, **25**: 77-87.
- Son, P.W. (1997) Biological studies on aquaculture of the sun and moon scallop, *Amusium japonicum japonicum*. 128 pp. Ph. D. Thesis, Cheju National University, Jeju. [in Korean]
- Thorarinsdottir, G.G. (1991) The Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O. F. Muller) in Breidafjörður, west Iceland. I. Spat collection and growth during the first year. *Journal of Aquaculture*, **97**: 13-23.
- Utting, S.D. (1986) A preliminary study on growth of *Crassostrea gigas* larvae and spat in relation to dietary protein. *Journal of Aquaculture*, **56**: 123-138.
- Utting, S.D. (1988) The growth and survival of hatchery-reared *Ostrea edulis* L. spat in relation to environmental conditions at the ingrowing site. *Journal of Aquaculture*, **69**: 27-38.

Growth and Survival Rates of *Ostrea denselamellosa*

- Wilson, J.H. (1978) The food value of *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin to the larvae of *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Journal of Aquaculture*, **13**(4): 313-323.
- Yang, M.H., Choi, S.D., Kim, H.S. and Han, C.H. (1999a) Environment characteristics of national conditions of flat oyster, *Ostrea denselamellosa* in Haechang Bay. *Korean Journal of Malacology*, **15**(2): 105-113. [in Korean]
- Yang, M.H., Choi, S.D., Kim H.S. and Han, C.H. (1999b) The development of larvae and egg of flat oyster, *Ostrea denselamellosa*. *Korean Journal of Malacology*, **15**(2): 115-119. [in Korean]
- Yang, M.H., Jung, J.H. and Han, C.H. (2000) Abundance of the larvae of flat oyster, *Ostrea denselamellosa*. in Haechang Bay, Korea. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Institute*, **58**: 79-87. [in Korean]
- Yoo, H.Y. (1984) The effects of light intensity and temperature on the growth of phytoplanktonic food organism, *Isochrysis galbana* (Parke). 55 pp. Ph. D. Thesis, Pusan National Fisheries University, Busan. [in Korean]
- Yoo, S.K. and Kang, K.H. (1995) Influence of water temperature and salinity on egg development and larvae rearing of oyster, *Crassostrea rivularis*. *Korean Journal of Malacology*, **12**(2): 165-170. [in Korean]