ISSN 1226-9999 (print)
ISSN 2287-7851 (online)

*Korean J. Environ. Biol.* 35(2) : 152~159 (2017) https://doi.org/10.11626/KJEB.2017.35.2.152

〈Original article〉

# 수온, 사육밀도, 염분 및 먹이생물에 따른 참담치(*Mytilus coruscus*) 초기 부착치패의 성장과 생존

김 철 원* · 이 승 원

한국농수산대학 수산양식학과

# Effect of Water Temperature, Rearing Density, Salinity, and Food Organisms on The Growth and Survival Rate in Early Juvenile Hard Shelled Mussel, *Mytilus coruscus*

Chul-Won Kim* and Seung-Won Yi

*Department of Aquaculture, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Republic of Korea*

**Abstract - For the effective seedling production of the hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*, this study assessed the effects of the dietary value of live food, density, water temperature and salinity on growth and survival rate of the larvae. The optimal survival rate and growth rate were examined under differing conditions of water temperature, salinity, and rearing density for 30 days. The three groups were provided different feeding organisms, such as *Isochrysis galbana* and *Teleaulax suecica*. The mixtures were provided at a rate of $5\times10^4$ cell $mL^{-1}$. The best growth was observed in the group with conditions 21℃ water temperature (16.2 ± 9.1 μm), 33 psu of salinity (16.82 ± 3.9 μm), 2500 individual $m^{-2}$ (17.2 ± 5.9 μm), and fed with $5\times10^4$ cell $mL^{-1}$ of *I. galbana* and *T. suecica* mixture (16.0 ± 7.3 μm). The highest survival rate was found in the group at conditions 18℃ water temperature (66.4%), 33 psu of salinity (24.4%), 2500 individual $m^{-2}$ (65.8%), and fed with $5\times10^4$ cell $mL^{-1}$ of *I. galbana* and *T. suecica* mixture (58.8%). We therefore conclude that the suitable culture conditions for the stable production of hard shelled mussel artificial seedlings was at 18 to 21℃ of temperature, 30 to 33 psu of salinity, 2500 to 5000 individual $m^{-2}$ of rearing density, and feeding supplement of $5\times10^4$ cell $mL^{-1}$ of *I. galbana* and *T. suecica* mixture under semi running water system.**

**Key words : growth, survival, early juvenile hard shelled mussel, water temperature, rearing density, salinity**

## 서 론

우리나라에 서식하는 주요 담치류는 참담치(*Mytilus coruscus*), 지중해담치(*Mytilus galloprovincialis*), 동해 담치(*Crenomytilus grayanus*) 등이 있으며 산업적으로 가장 중요한 종은 양식이 가능한 지중해담치이나 참담치도 산업적인 가치가 매우 높은 종으로 알려져 있다(Wi 2004). 참담치는 우리나라 전 연안에서 수심 20 m의 암반해역에서 족사로 부착하여 서식하고 주로 "홍합"이라고 불리우고 있으며 지중해담치에 비해 대형이며 각질이 두껍고 내면은 유백색 표면

* Corresponding author: Chul-Won Kim, Tel. 063-238-9250, Fax. 063-238-9039, E-mail. aquaworld@korea.kr

ⓒ2017. Korean Society of Environmental Biology.

속으로 진주 광택이 강하며 수심이 깊은 외해에 서식하고 있다.

*Mytilus*속의 연구는 지중해 담치를 대상으로 주로 이루어져 있으며 인공종묘생산에 관한 연구는 산란자극(Iwata 1949; Iwata 1951), 성숙유도(Iwata 1952), 유생사육(Bayne 1965; Brenko *et al*. 1969), 부착행동(Petersen 1984; King *et al*. 1989) 등이 있으며, 참담치에 관한 연구는 생식주기(Jung 1994), 유생사육(Yoo 1969), 인공종묘기초기술개발(Wi 2004) 등의 연구가 있으나 주로 인공종묘생산을 위한 성 성숙부터 유생 사육까지에 관한 연구가 수행되었을 뿐 산업적으로 활용가능한 치패의 대량생산에 관한 연구는 부족한 실정이다.

참담치의 대량인공종묘생산기술이 확립되지 않는 이유는 초기 부착치패(각장 300~1,000 μm)의 관리가 어렵기 때문으로 보고하고 있는데 참담치 초기 부착치패는 클러스터 형태로 서로가 족사로 엉켜져 있어 과잉 공급된 식물먹이생물이나 배설물 등이 축적에 의해 원생생물이 대량 발생하여 대량폐사가 빈번하게 일어나는 것으로 알려져 있다(Wi 2004).

한편 이매패류의 인공종묘생산기술을 개발하기 위해서는 유생과 초기 치패의 성장과 생존에 영향을 미치는 수온(Loomis *et al*. 1995; Chapple *et al*. 1997), 염분(Bailey *et al*. 1996; Shin and Wi 2004), 사육밀도(Piper *et al*. 1982)와 먹이생물(Kim and Kho 2004; Hur *et al*. 2008; Hur *et al*. 2010) 등과 같은 최적사육조건을 구명하는 것이 매우 중요하다. 그런데 참담치의 경우 유생에 관한 연구는 일부 수행되었으나 초기 부착치패의 안정적인 사육기술개발에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 양식산업에 활용가능한 참담치 인공종묘의 대량생산기술, 특히 초기 부착치패의 성장과 생존에 영향을 미치는 수온, 사육밀도, 먹이생물에 관한 연구와 생존율 향상을 위한 사육방법 등을 알아보기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

참담치 초기 부착치패의 안정적인 사육기술을 개발하기 위한 실험은 2015년 5월~6월까지 한국농수산대학 사육실험실에서 이루어졌으며 실험에 사용된 초기 부착치패는 각장 350~375 μm 정도로 300 μm sieve로 걸러 사용하였다(Fig. 1).

### 1. 수온에 따른 성장과 생존

참담치 초기 부착치패의 대량사육을 위하여 100 L 아크릴 수조에 수온을 14.5±0.5°C (대조구, 자연수온), 18±0.5°C, 21±0.5°C, 18±0.5°C (지수식) 5구간으로 구분하였으며, 안정적인 치패사육기술 개발을 위하여 먹이공급 후 4시간 동안 지수상태를 유지하고 그 외의 시간에는 유수를 하는 "반유수식" 방법을 사용하였는데 한 개의 실험구(18±0.5°C)에서는 지수식으로 사육하면서 반유수식과 지수식 간의 성장과 생존 차이를 조사하였다.

염분은 자연염분(30~33 psu)을 이용하였고 사육밀도는 1 $m^2$ 그물망에 50 ind. $cm^{-2}$ (총 5,000 ind. $m^{-2}$)로 부착시켜 30일 동안 실험하였다. 식물먹이생물은 *Isochrysis galbana*와 *Tetraselmis suecica*를 $5\times10^4$ cell $mL^{-1}$씩 1일 2회 공급하면서 30일간 사육 실험하였다. 계측은 6일 간격으로 치패 50마리의 성장(각장, 각고)과 생존율을 조사하였다. 생존율은 그물망에 탈락한 치패를 현미경에서 관찰하면서 치패 내부가 비어 있는 개체를 계수하는 방법으로 실시하였으며 모든 실험은 3반복하였다.

### 2. 사육밀도에 따른 성장과 생존

사육밀도에 따른 성장과 생존 조사를 위하여 100 L 아크릴

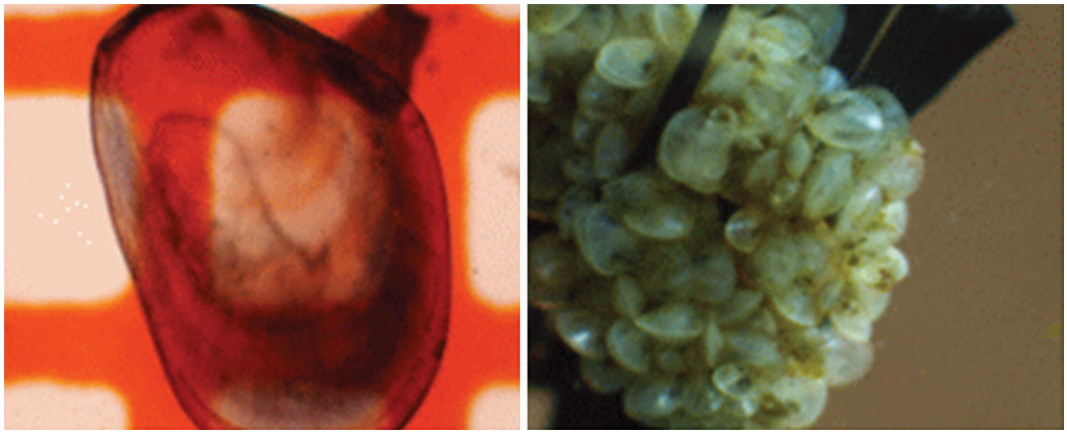

**Fig. 1.** Early juvenile of hard shelled mussel, *M. coruscus*.

수조에서 사육밀도를 2,500 ind. $m^{-2}$, 5,000 ind. $m^{-2}$, 10,000 ind. $m^{-2}$, 2,500 ind. $m^{-2}$ (지수식) 4구간으로 구분하였으며 수온은 20±0.5°C로 고정시켰고 자연 염분으로 30일 동안 사육하였다. 부착치패 사육은 1 $m^2$ 그물망에 부착한 상태로 이루어 졌으며 실체 현미경하에서 10 $cm^2$의 부착치패를 계수하여 10배 환산하였다. 먹이생물은 *I. galbana*와 *T. suecica*를 $5\times10^4$ cell $mL^{-1}$씩 1일 2회 나누어 공급하여 반유수식과 지수식으로 30일간 사육하였다. 모든 실험은 3반복하였으며 계측은 수온에 따른 성장과 생존 실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

### 3. 염분에 따른 성장과 생존

참담치 초기 부착치패의 최적사육조건을 알아보기 위하여 염분을 24, 27, 30, 33 psu 4구간으로 구분하였으며, 수온은 20°C로 고정시켰고 사육밀도는 1 ind. $mL^{-1}$이었다. 부착치패 사육은 3 L 비이커에서 그물망에 부착한 상태로 30일간 이루어졌으며 수온조절이 가능한 다단인큐베이터에서 이루어졌고, 염분 측정은 수질측정기 (YSI-55, USA)로 조정하였으며 먹이는 *I. galbana*와 *P. lutheri*를 $2\times10^4$ cell $mL^{-1}$씩 1일 2회 나누어 공급하여 지수식으로 30일간 사육하였다. 환수는 3일에 한 번 전량 실시하였으며 계측은 수온에 따른 성장과 생존 조사와 동일한 방법으로 실시하였다.

### 4. 먹이종류에 따른 성장과 생존

먹이종류와 먹이공급량에 따른 성장과 생존을 알아보기 위한 실험에 사용된 식물먹이생물은 대량배양이 용이한 *I. galbana*와 *T. suecica*를 선정하였으며 실험구는 *I. galbana* 단독구, *T. suecica* 단독구, *I. galbana*와 *T. suecica* 혼합구 3개로 구분하였다. 먹이생물 공급량은 $5\times10^4$ cell $mL^{-1}$를 1일 2회로 나누어 공급하였다. 사육방법은 먹이공급 후 4시간 동안 지수식으로 유지하다가 유수하는 반유수식으로 30일간 실험하였으며, 사육조건은 수온은 20°C 내외를 유지하였으며, 염분은 자연염분을 그대로 이용하였고 사육밀도는 1 $m^2$ 그물망에 부착되어 있는 상태로 50 ind. $cm^{-2}$ (총 5,000 ind. $m^{-2}$) 정도를 현미경하에서 계수하여 사용하였다. 계측은 수온에 따른 성장과 생존 실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

모든 실험구는 3반복하였으며 통계처리는 Statistical Analysis System (SASInc. 1999) program을 이용한 ANOVA 및 Duncan's Multiple Range Test (Duncan 1999) 방법으로 유의성 ($P<0.05$)을 분석하였다.

## 결 과

### 1. 수온에 따른 성장과 생존

참담치 초기 부착치패의 안정적인 성장과 생존에 적합한 사육 수온과 사육방법 (지수식, 반유수식)을 조사한 결과 초기 부착치패의 가장 빠른 성장은 21°C에서 나타났으며 자연수온 (14~15°C)에서 가장 느린 것으로 나타났다 (Fig. 2A). 초기 부착치패의 각고 성장은 21°C에서 실험 개시 시 370.5±24.7 μm였으나 30일 후의 실험 종료 시에는 856.4±29.1 μm로 나타났다. 반유수식 18°C에서는 실험 개시 시에 374.1±20.5 μm였으며 실험 종료 시에 837.5±25.8 μm로 나타났고 지수식 18°C에서는 실험 개시 시 373.2±22.1 μm였으나 실험 종료 시 819.4±24.5 μm로 큰 차이는 없었다. 그러나 자연 수온에서는 실험 개시 시 379.3±19.1 μm였으나 실험 종료 시 776.3±19.9 μm로 나타나 가장 낮은 성장율을 보여 다른 수온실험구와 유의적인 성장 차이를 보였다. 일간 성장은 사육 12일 이후부터 차이가 나는 것으로 관찰되었으며 수온 21°C에서 16.2±19.1 μm로 가장 빨랐으며 자연 수온에서 13.2±19.1 μm로 가장 느린 것으로 나타났다. 그리고

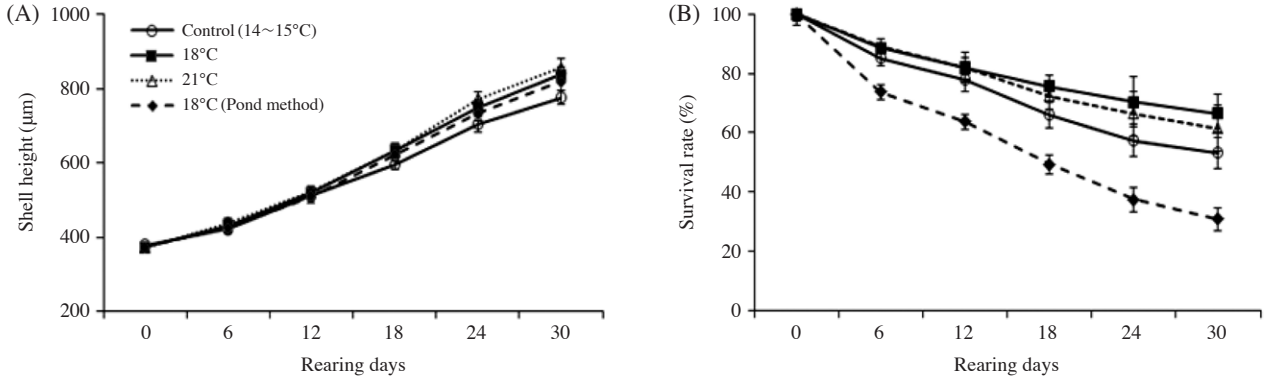


**Fig. 2.** (A) Growth and (B) survival rate under different water temperature during the farming period.

18°C로 반유수식과 지수식으로 사육한 실험구에서는 각각 15.4±19.1 μm와 14.9±19.1 μm로 유의적인 차이는 보이지 않는 것으로 나타났다.

생존율은 30.8~66.4% 범위로 실험구에 따른 차이가 크게 나타났는데 사육 6일경부터 지수식으로 사육한 실험구의 폐사율이 높게 나타나기 시작하였고 12일경부터 반유수식 실험구들과 뚜렷한 차이를 보이는 것으로 관찰되었다(Fig. 2B). 가장 높은 생존율을 보인 실험구는 반유수식 18°C에서 66.4%였으며 지수식 18°C에서 30.8%로 가장 낮게 나타났다. 그리고 21°C에서 61.4%, 자연 수온에서 53.2%로 나타났다. 이러한 생존율 차이는 지수식과 반유수식과 같은 사육방법에 따라 큰 차이를 나타내는 것으로 판단되며 반유수식에서 생존율이 높게 나타나는 것은 여과된 새로운 해수가 지속적으로 유입되면서 수질환경이 안정되어 생존율이 높게 나타나는 것으로 판단된다.

### 2. 사육밀도에 따른 성장과 생존

사육밀도에 따른 참담치 초기 부착치패의 성장과 생존율은 사육 6일경부터 반유수식과 지수식 간의 뚜렷한 차이가 나타나기 시작하였으며 일간성장은 실험구에 따라 차이가 나타났는데, 성장의 차이는 사육 12일부터 각 실험구별로 나타나기 시작하여 사육 24일 이후부터 성장의 차이가 뚜렷하게 구분되었다(Fig. 3A). 사육밀도에 따른 참담치 초기 부착치패의 각고는 반유수식 2,500 ind. $m^{-2}$, 5,000 ind. $m^{-2}$, 10,000 ind. $m^{-2}$, 지수식 5,000 ind. $m^{-2}$ 각 실험구에서 실험 개시 시 각각360.7±19.9 μm, 359.3±21.7 μm, 357.5±22.4 μm, 그리고 360.2±19.5 μm였고 30일간의 실험 종료 시 875.4±32.5 μm, 852.1±41.8 μm, 735.4±35.4 μm, 821.4±39.5 μm로 반유수식 2,500 ind. $m^{-2}$에서 가장 많이 성장하였고, 반유수식 10,000 ind. $m^{-2}$ 실험구에서 가장 저조한 성장을 보였다. 일간성장은 반유수식 2,500 ind. $m^{-2}$ 실험구에서 17.2±5.9 μm로 가장 좋았으며 10,000 ind. $m^{-2}$ 실험구에서 12.6±5.1 μm로 가장 느린 성장을 보였다. 그리고 반유수식 5,000 ind. $m^{-2}$ 실험구와 지수식 5,000 ind. $m^{-2}$ 실험구에서 각각 16.4±4.7 μm와 15.4±6.8 μm로 나타났다.

생존율은 실험구에 따라 큰 차이를 보이는데 반유수식 2,500 ind. $m^{-2}$ 실험구에서는 65.8%로 가장 높게 나타났으며 지수식 5,000 ind. $m^{-2}$ 실험구에서 27.4%로 가장 낮게 나타났다(Fig. 3B). 그리고 반유수식 5,000 ind. $m^{-2}$ 실험구에서 55.1%로 나타났으며 반유수식 10,000 ind. $m^{-2}$ 실험구에서 29.4%로 낮게 나타났다. 이러한 생존율 차이는 사육방법이 큰 영향을 미치는 것으로 추정되나 반유수식 10,000 ind. $m^{-2}$ 실험구처럼 사육밀도가 너무 높았을 경우도 생존에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

### 3. 염분에 따른 성장과 생존

참담치 초기 부착치패의 최적 염분조건을 알아본 결과, 성장은 33 psu 실험구에서 가장 양호하였고 30 psu 실험구와 27 psu 실험구에서도 비교적 높은 성장을 보였으나 24 psu 실험구에서는 성장이 가장 좋지 않은 것으로 나타났다(Fig. 4A). 일간성장은 염분 33 psu 실험구에서 16.82±3.9 μm로 가장 높았으며 24 psu 실험구에서 1.20±0.3 μm로 가장 낮은 것으로 나타났다. 그리고 염분 30 psu와 27 psu 실험구에서 각각 16.57±4.1 μm와 11.36±3.4 μm로 나타나 30 psu 이상의 염분에서는 성장이 양호하며, 27 psu 이하의 염분에서는 성장이 저조한 것으로 나타났다. 사육기간에 따른 성장형태는 실험 6일까지는 차이를 보이지 않다가 사육 12일부터 실험구간별 차이를 보이기 시작하였으며 33 psu 실험구와 30 psu 실험구간의 성장형태는 거의 비슷한 것으로 나타났고 사육 12일이 지난 이후부터 27 psu 실험구와 성장 차이를 보이기 시작하였다.

생존율은 염분 33 psu 실험구에서 24.4%로 가장 높게 나

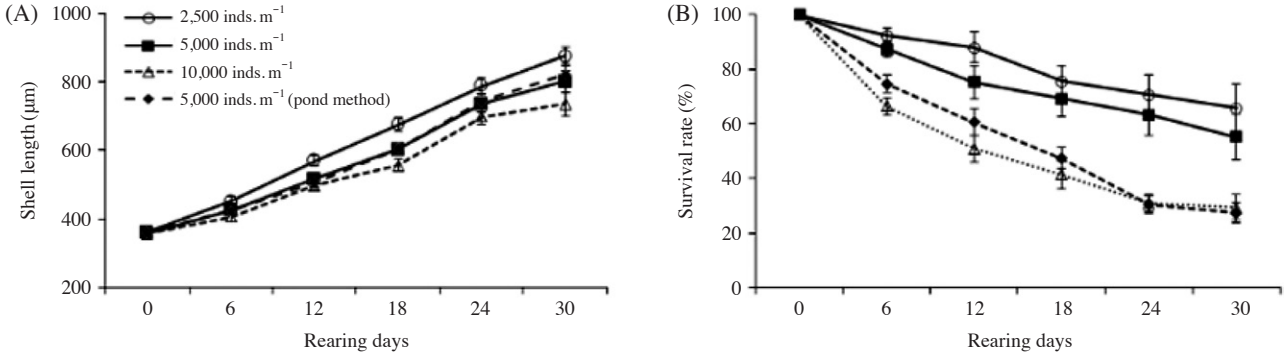


**Fig. 3.** (A) Growth and (B) survival rate under different rearing density during the farming period.

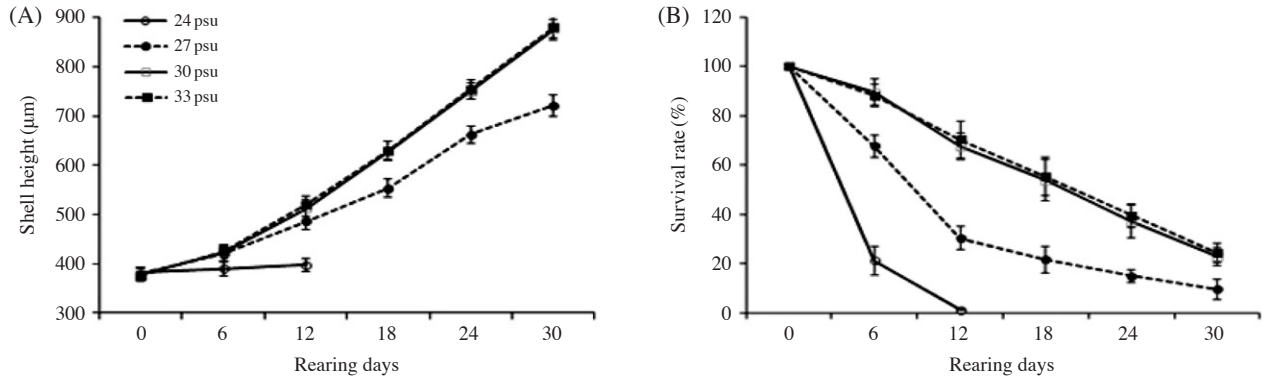


**Fig. 4.** (A) Growth and (B) survival rate under different salinity during the farming period.

**Table 1.** Growth and survival rate with various food organism supplementation during the farming period.

| Food spices | Initial | | Final | | DG (μm) | SR (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | SH (μm) | SL (μm) | SH (μm) | SL (μm) | | |
| *I. galbana* | 359.3 ± 17.9[a] | 317.3 ± 17.4[a] | 821.8 ± 21.5[a] | 641.3 ± 15.1[b] | 15.4 ± 5.5[a] | 49.4 ± 8.4[a] |
| *T. suecica* | 367.3 ± 19.5[a] | 324.6 ± 113.8[a] | 835.6 ± 19.8[ab] | 632.1 ± 15.6[a] | 15.6 ± 4.9[a] | 55.3 ± 10.9[b] |
| *I. galbana* + *T. suecica* | 365.9 ± 20.1[a] | 324.8 ± 18.2[a] | 846.1 ± 17.1[a] | 632.1 ± 18.1[a] | 16.0 ± 7.3[b] | 58.8 ± 11.4[b] |

타났으며 24 psu 실험구에서는 사육 12일만에 전량 폐사하였다. 그리고 30 psu 실험구에서는 22.9%, 27 psu 실험구에서는 9.8%의 생존율을 보였다(Fig. 4B).

### 4. 먹이종류에 따른 성장과 생존

참담치 초기 부착치패의 먹이종류에 따른 성장과 생존율을 알아본 결과 각고 성장은 *I. galbana* + *T. suecica*를 혼합하여 공급한 실험구에서 실험 종료 시 480.2 μm로 가장 좋은 것으로 나타났으며 *I. galbana*를 단독으로 공급한 실험구에서 462.5 μm로 가장 저조하였으며 *T. suecica*를 단독으로 공급한 실험구에서 468.3 μm로 나타났다(Table 1). 일간성장은 13.8 μm~16.0 μm의 범위로 사육기간에 따른 성장형태는 먹이종류에 따라 특별한 양상을 보이지 않았다. 일간성장은 *I. galbana* + *T. suecica*를 혼합하여 공급한 실험구에서 16.0 μm로 가장 좋은 것으로 나타났으며 *T. suecica*와 *I. galbana*를 단독으로 공급한 실험구에서 각각 15.6 μm와 15.4 μm로 나타났다. 이처럼 식물먹이생물을 혼합으로 공급한 실험구가 단독으로 공급한 실험구보다 성장이 양호한 것으로 나타났으나 *I. galbana*와 *T. suecica* 단독실험구간의 유의적인 성장 차이는 없는 것으로 나타났다. 사육기간에 따른 생존율은 12일 이후부터 차이가 나기 시작했으며, *I. galbana* + *T. suecica*를 혼합하여 공급한 실험구가 58.8%로 가장 높게 나타났고 *T. suecica*를 공급한 실험구에서는 55.3%, *I. galbana*를 공급한 실험구에서는 49.4%로 가장 낮게 나타났다.

## 고 찰

참담치와 같은 이매패류의 대량 인공종묘생산과정에서 수온(Wilson and Elkaim 1991; Shin and Wi 2004)과 사육밀도(Breese and Malouf 1977; Yang *et al*. 2003), 염분(Davenport and Wong 1986; Shin *et al*. 2009) 먹이생물(Helm and Laing 1987: Yang *et al*. 2003; Hur *et al*. 2010), 사육수 환수(Jo *et al*. 2010) 등은 생산성을 향상을 위하여 중요한 요소가 될 것으로 알려져 있다. 특히 초기 부착 및 침착치패의 경우 변태와 부착기질과 저질에 적응해야 되기 때문에 사육환경에 직접적인 영향을 받는다. 본 연구에 이용된 참담치 초기 부착치패는 크기가 350 μm 내외로 매우 작고 클러스터 형태로 엉켜져 있기 때문에 사육환경과 사육방법에 따라 생장과 생존이 영향을 받는 것으로 나타났다.

수온에 따른 이매패류의 성장은 종류나 실험방법에 따라 조금씩 차이를 보이고 있는데 Wi (2004)는 참담치의 경우 23~26°C라고 보고하여 수온 21°C에서 성장이 가장 좋은 것으로 나타난 본 연구와 약간의 차이를 보였다. 일반적으로 이매패류의 성장은 서식범위 내에서 수온이 높을수록 성장이 좋은 것으로 알려져 있으나 경제성 등을 고려할 필요가 있다. 참담치의 경우 인공종묘생산 시기가 3~5월이기 때문

에 최적의 사육수온을 맞추기 위해서는 10~15°C 이상의 가온이 필요로 하여 경제성을 고려할 때 많은 어려움이 있다. 따라서 본 연구의 결과처럼 양식산업적인 측면에서 참담치의 초기 부착치패 사육을 위해서는 적정 수온을 20°C 정도가 적당할 것으로 판단된다.

이매패류에서 성장과 생존에 적합한 최적 사육밀도에 관한 연구는 참굴의 경우 30~50 ind. 10 $cm^{-2}$ 정도, 피조개는 약 25 ind. $m^{-2}$ 정도가 적합한 것으로 보고하고 있다(Yoo 2003). 그러나 이러한 결과는 대부분 1.0 cm 내외의 치패를 대상으로 한 실험결과로 초기 부착치패를 대상으로 한 본 연구와는 큰 차이를 보인다. 일반적으로 패류의 사육밀도는 낮을수록 성장과 생존율이 좋은 것으로 보고되고 있으나 참담치 초기 부착치패처럼 개체가 서로 엉켜있는 클러스터 형태를 가지는 패류는 고밀도 사육을 할 수밖에 없는 상황이다. 본 연구에서는 2,500 ind. $m^{-2}$에서 가장 성장이 좋은 것으로 나타났으며 5,000 ind. $m^{-2}$에서도 비교적 양호한 성장을 보인 것으로 나타났다. 따라서 참담치 초기 부착치패의 성장과 생존율, 양식의 효율 등을 고려하였을 경우, 사육 밀도는 5,000 $m^{-2}$ 정도가 적합한 것으로 판단된다.

주로 염분 농도의 변화폭이 큰 연안에 서식하는 이매패류는 삼투순응형 동물로서, 생존 최적 염분은 주로 이매패류의 서식지에 따라 달라진다. 이매패류는 생존에 불리한 저염분 환경에 노출되면 패각을 닫고 고농도의 체액을 유지하며 섭식활동을 거의 하지 않는다. 진주담치는 20~30 psu에서 대사활동이 양호하며, 20 psu 이하의 염분에서는 모든 대사가 감소하는 것으로 알려져 있다(Widdows 1985). 본 연구에서 참담치 초기 부착치패는 20°C에서 12일을 기점으로 27 psu 실험구와 24 psu 실험구에서 매우 높은 폐사가 발생하여 진주담치에 비해 저염분에 약한 것으로 보인다. 반면에 본 연구에서 참담치 초기 부착유생의 성장과 생존은 30 psu와 33 psu 에서 가장 높게 유지되었는데, Min and Shin (2010)은 개량조개 유생이 0~15 psu에서 전량 폐사하였고 20~25 psu에서 매우 낮은 생존율을, 30~35 psu에서 높은 생존율을 보인 것으로 보고하여 본 연구의 결과와 비슷하였다. 그러나 참담치에 대한 염분의 영향은 수온이 높을수록 큰 것으로 보고되어 염분 조건 단독으로뿐만이 아니라 수온 조건도 함께 고려되어야 할 것이다(Shin and Wi 2004; Kim and Kang 2015).

또한 이매패류의 인공종묘생산의 성공을 위해서는 성장과 생존에 큰 영향을 미치는 식물먹이생물의 중요성이 강조되고 있으며 안정적인 먹이생물 공급을 위해서는 대량배양이 용이한 먹이생물을 선택하는 것이 매우 중요하다고 보고하고 있다(Gerdes 1983a, b; Kim *et al*. 2004). Min (1997)은 참굴 유생의 먹이생물로 *I. galbana*나 *Pavlova lutheri*가 적합하다고 하였으며, Yoo (1969)는 참담치의 인공종묘생산에 *Chaetoceros calcitrans*와 *P. lutheri*가 적당하다고 보고하고 있다. 그러나 본 연구에서는 *I. galbana*와 *T. suecica*를 먹이생물로 공급하였고 이 종들은 패류인공종묘생산에 가장 많이 이용되고 있으며 대량배양이 비교적 용이한 특징을 가지고 있다. 본 연구에서는 *I. galbana*와 *T. suecica*를 단일종으로 공급하였을 경우 유의적인 성장 차이는 보이지 않았으나 두 종을 혼합하여 공급하였을 경우 성장에 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 차이는 혼합공급이 단일종으로 공급하는 것보다 영양적인 면에서 결핍된 요소를 보충하여 주는 효과가 있기 때문으로 판단된다.

한편 본 연구에서는 생존율 향상을 위하여 사육방법을 반유수식과 지수식으로 구분하여 실험한 결과 반유수식의 생존율이 지수식에 비해 크게 향상되는 것으로 나타났다. Southgate and Ito (1998)은 환수를 통한 수질개선은 이매패류의 활력과 생존에 직접적인 영향이 있는 것으로 보고하고 있으며, McGladdery *et al*. (2006)은 사육수가 정체되었을 경우 사육수조 내의 병원성 세균 등의 발생과 감염 등으로 폐사가 발생될 수 있다고 보고하고 있다. 따라서 본 연구에서 반유수식 사육은 사육수를 유수함으로써 환수의 효과를 극대화 시켜 생존율을 향상시킬 수 있었을 것으로 판단된다.

## REFERENCES

Bailey J, J Parsons and CA Couturier. 1996. Salinity tolerance in the blue mussel, *Mytilus edulis*, Bull. Aquacult. Assoc. Can. 96:74-76.

Bayne BL. 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). Ophelia 2:1-47.

Breese WP and RE Malouf. 1977. Hatchery rearing techniques for the oyster Crassostrea rivularis Gould. Aquaculture 12:123-126.

Brenko MH and A Calabrese. 1969. The combined effects of salinity and temperature on larvae of the mussel *Mytilus edulis*. Mar. Biol. 4:224-226.

Chapple JP, GR Smerdon and AJS Hawkins. 1997. Stress-70 protein induction in *Mytilus edulis*: Tissue-specific responses to elevated temperature reflect relative vulnerability and physiological function. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 217:225-235.

Dabrowski KR. 1986. Active metabolism in larval and juvenile fish: ontogenetic changes, effect of water temperature and fasting. Fish. Physiol. Biochem. 1:125-144.

Davenport J and TM Wong. 1986. Responses of the blood cockle Anadara granosa (L) (Bivalvia: Arcidae) to salinity,

hypoxia and aerial exposure. Aquaculture 56:151-162.

Deaton LE, JGB Derby, N Subhedar and M Greenberg. 1989. Osmoregulation and salinity tolerance in two species of bivalve mollusc: Limnoperna fortunei and Mytilopsis leucophaeta. J. Exp. Mar. Ecol. 133:67-79.

Fry FEJ. 1971. The effects of the environmental factors on the physiology of fish. pp. 1-98. In Fish Physiology (Hoar WS and Randall DJ eds.). Academic Press. Newyork.

Gerdes D. 1983a. The Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Part I. Feeding and behaviour of larvae and adults. Aquaculture 31:195-219.

Gerdes D. 1983b. The Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Part II. Oxygen consumption of larvae and adults. Aquaculture 31:221-231.

Helm MM and I Laing. 1987. Preliminary observations on the nutritional value of '*Tahiti Isochrysis*' to bivalve larvae. Aquaculture 62:281-288.

Hur YB, KS Min, TE Kim, SJ Lee and SB Hur. 2008. Larvae growth and biochemical composition change of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas*, Larvae during artificial seed production. J. Aquaculture 21:203-212.

Hur YB, TE Kim, SJ Lee and SB Hur. 2010. Variations in Reserved Nutrient Consumption and Growth of Pacific Oyster (*Crassostra gigas*) Larvae during Starvation. Korean J. Fish. Aquat. Sci. 43:489-494.

Iwata KS. 1949. Spawning of *Mytilus edulis*. II. Dischargeby Electrical Stimulation, Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 15:443-446.

Iwata KS. 1951. Spawning of *Mytilus edulis*. IX. Mechanism of spawning by temperature rise. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 17:96-98.

Iwata KS. 1952. Mechanism of egg maturation in *Mytilus edulis*. Biol. J. Okayanza Univ. 1:1-11.

Jo QT, SK Kim, CS Lee, JH Lee, MS Park and TS Moon. 2010. Effect of the hatchery larval sieving on the larval growth, scuticociliate occurrence, and ensuing spat growth of *Patinopecten yessoensis*. J. Fish. Pathol. 23:303-311.

Jung CG. 1994. Reproductive cycle of marine mussel, *Mytilus coruscus* (Gould) and rearing experiments of mussel larvae. Master Thesis, Pukyong National University, Busan.

Kim CW and KH Kho. 2004. Effects of water temperature and salinity on dietary feeding of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*). Korean J. Environ. Biol. 22:28-34.

Kim CW and HS Kang. 2015. The expression of Hsp70 and GST genes in *Mytilus coruscus* exposed to water temperature and salinity. Korean J. Environ. Biol. 33:450-458.

King PA, D McGrath and EM Gosling. 1989. Reproduction and settlement of *Mytilus edulis* on an exposed rocky shore in Galway Bay, west coast of Ireland. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 69:355-365.

Loomis SH, AD Ansell, RN Gibson and M Barnes. 1995. Freezing tolerance of marine invertebrates. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 33:337-350.

Maslin JL. 1989. The salinity tolerance of *Corbula trigona* (Bivalvia: Corbulidae) from a West-African lagoon and its variations. Arch. Hydrobiol. 117:205-223.

McGladdery SE, SM Bower and RG Getchell. 2006. Diseases and parasites of scallops. Dev. Aquacult. Fish. Sci. 35:595-650.

Min BH and HJ Shin. 2010. Effects of Rearing Condition and Species of Microalgae on Growth and Survival of Larvae of the Sunray Surf Clam, *Mactra chinensis*. Korean J. Malacol. 26:303-310.

Navarro JM and CM Gonzalez. 1998. Physiological responses of the chilean scallop *Argopecten purpuratus* to decreasing salinities. Aquaculture 167:315-327.

Petersen JH. 1984. Larval settlement behavior in competing species: *Mytilus californianus* Conrad and *M. edulis* L. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 82:147-159.

Piper RG, IB McElwain, LE Orme, JP McCraren, LG Fowler and JR Leonard. 1982. Fish hatchery management. United States Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.

Shin HC, JH Lee, HJ Jeong, JS Lee, JJ Park and BH Kim. 2009. The influence of water temperature and salinity on filtration rates of the hard clam, *Gomphina veneriformis* (Bivalvia). Korean J. Malacol. 25:161-171.

Shin YK, TS Moon and CH Wi. 2002. Effects of the dissolved oxygen concentration on the physiology of the blood cockle, *Tegilarca granosa*. Korean J. Fish. Soc. 35:485-489.

Shin YK, Y Kim, EY Chung and SB Hur. 2000. Temperature and salinity tolerance of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. Korean J. Fish. Soc. 34:190-193.

Shin YK and CH Wi. 2004. Effects of Temperature and Salinity on Survival and Metabolism of the hard shelled mussel *Mytilus coruscus*, Bivalve: Mytilidae. J. Aquaculture 17: 103-108.

Southgate PC and M Ito. 1998. Evaluation of a partial flow-through culture technique for pearl oyster (*Pinctada margaritifera* L.) larvae. Aquacult. Eng. 18:1-7.

Widdows J. 1985. The effect of fluctuating and abrupt change in salinity on the performance of *Mytilus edulis*. pp. 555-566. In Marine Biology of Polar Regions and Effect of Stress on Marine Organism (Gray JS and ME Christiansen eds.). Wiley-interscience. Newyork.

Wilson JG and B Elkaim. 1991. Tolerances to high temperature of infaunal bivalves and the effect of geographical distribution, position on the shore and season. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 71:169-177.

Wi CH. 2004. Reproductive Cycle and Seedling Production of the Mussel, *Mytilus coruscus*. Ph. D Thesis, Pukyong National university, Busan.

Yang MH, BS Oh, CH Han. 2003. Growth and Survival Rates of Flat Oyster, *Ostrea denselamellosa*, by Condition of Larval Cultivation. Korean J. Malacol. 19:133-142.

Yoo SK (1969). Culture condition and growth of larvae of the *Mytilus coruscus* GOLD. J. Oceanol. Soc. Korea 4:36-48.

Received: 6 December 2016
Revised: 22 December 2016
Revision accepted: 27 December 2016