

# 왕우럭 (*Tresus keenae*) 치패의 생존 및 성장에 미치는 수온, 사육밀도 및 먹이공급 등의 요인의 영향

김철원<sup>1</sup>, 이영미<sup>2</sup>, 전하정<sup>2</sup>, 김희린<sup>2</sup>, 강한승<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국농수산대학교, <sup>2</sup>엠에스바이오랩

## Effect of factors such as water temperature, rearing density and food supply on survival and growth of the Surf Clam, *Tresus keenae* Spat

Chul Won Kim<sup>1</sup>, Young Mi Lee<sup>2</sup>, Ha Jeong Jeon<sup>2</sup>, Hee Rin Kim<sup>2</sup> and Han Seung Kang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Aquaculture, Korea National College of Agriculture and Fisheries, Kongjwipatjwi-ro 1515, Wansan-gu, Jeonju, Jeollabuk-do 54874, Korea

<sup>2</sup>MS BioLab, 3F, 103 Gayang-ro, Dong-gu, Daejeon 34576, Korea

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the influence of environmental factors such as water temperature, rearing density, food organism and feeding amount on the growth and survival of spat in surf clam, *Tresus keenae*. As a result of this study, the optimum conditions of spat rearing were as follows. The optimum range of water temperature is 22 °C to 25 °C, the optimum rearing density is 500 ind./cm<sup>2</sup> and the supply of mixed feed organism for spat rearing such as *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros simplex* and *Tetraselmis suecica* is 50 × 10<sup>4</sup> cells/ml-100 × 10<sup>4</sup> cells/ml. The results of this study suggest that the optimum conditions of environmental factors in spat rearing of *Tresus keenae* contribute to productivity improvement through rapid growth and high survival.

**Keywords:** *Tresus keenae*, growth, survival, water temperature, rearing density, feed organism

### 서론

왕우럭조개 (*Tresus keenae*)는 비부착성 대형 이매패류로서 개량조개과 (Mactridae), 왕우럭속 (*Tresus*)에 속한다. 왕우럭조개의 대표적인 외형적 특징은 굵고 긴 수관을 가지고 있는 것이며, 이 수관은 왕우럭조개의 주요한 식재료부위이다. 이들의 서식 및 분포는 대한민국의 남해안인 거제, 사천, 남해, 여수 연안과 일본의 연안에 서식한다고 알려져 있다. 대한민국에서 이들의 서식처는 남해안의 일부로 한정되어져 있는 상태이고 또한 자원의 고갈 현상과 더불어 자연에서 채취 어업으로

의 생산량은 많지 않은 상태이다. 따라서 왕우럭조개는 고가의 가치를 형성하는 식용 이매패류로 유통되고 있다. 이와 같은 현실은 왕우럭조개의 풍부한 자원조성의 필요성이 요구되며 또한 양식생물로의 개발 필요성도 요구된다. 또한 중국의 북경, 상해 및 홍콩 등지에서는 왕우럭조개와 유사한 북미, 호주산 구이덕 (Geoduck) 조개가 최고급 패류 수산물로 고가에 유통되고 있다. 따라서 왕우럭조개의 인공종자생산 기술 개발과 양정 기술 개발의 확립을 통한 양식산업화의 확립은 중국 및 일본 등을 대상으로 수출전략품종으로서의 개발이 이루어질 수 있을 것이다. 국내에서 왕우럭조개의 양식기술과 자원조성의 연구는 1995년경에 양식기술개발을 위한 인공종묘생산 연구를 시작하여 종묘생산에 성공하였으나 완전한 인공종묘생산 및 양정의 기술은 확립되지 않은 상태이다.

왕우럭조개의 양식기술개발과 관련한 기초 연구로는 생식기에 관한 연구 (Kim *et al.*, 1999), 수온, 염분 등과 관련하여 생리, 생화학적인 변화 등에 관한 연구 (Newell & Kofoed, 1977; Loomis *et al.*, 1995; Chapple *et al.*, 1998; Shin & Wi, 2004), 배우자 형성 및 미세구조에 관한 연구 (Kim &

Received: June 16, 2022; Revised: June 22, 2022; Accepted: June 29, 2022

Corresponding author: Han Seung Kang

Tel: +82 (42) 632-9753, e-mail: hanseungkang66@gmail.com  
1225-3480/24818

This is an Open Access Article Distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.



Fig. 1. A spat of *Tresus keenae*.

Yoo, 2002; Kim *et al.*, 2005), 수온 및 염분 등의 해양환경이 유생의 성장과 생존에 미치는 영향에 대한 연구 (Shin & Yang, 2005; Kang & Kim, 2018a; Kang & Kim, 2018b), 사육조건과 먹이생물에 의한 유생의 성장과 생존율에 관한 연구 (Min, 2019), 모패관리 및 성숙촉진에 관한 연구 (Kim *et al.*, 2019), 자원조사에 관한 연구 (Rha *et al.*, 2019), 서식환경에 관한 연구 (Kim *et al.*, 2021) 및 왕우럭 조개 유래 장내 미생물의 인공종묘생산에의 활용 (Yi *et al.*, 2017; Kang *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2021) 등이 보고되었다.

해양생물은 성 성숙, 발생 및 성장 등과 관련한 생리 활동, 체내삼투농도 조절 및 산소소비와 같은 대사활동 및 서식분포 등과 관련하여 수온 및 염분농도 등의 환경요인에 영향을 받는다고 알려져 있다. 특히 패류는 어류에 비해 이동 능력의 한계가 있어 해양환경 변화에 더욱 민감하게 영향을 많이 받는다. 수온이 패류의 초기배아발생 발달 시간과 생존 및 발생에의 적정 수온 결정과 관련한 연구 보고가 다수 알려져 있다 (Min & Kim, 2010; Kim *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2014; Nam *et al.*, 2014). 수온과 치패와의 관련성 연구에서는 생존 및 성장에 영향을 미친다는 보고가 있다 (Seon *et al.*, 2005; Lee, 2014). 염분은 생물에게 생태적 내성 및 이매패류의 분포를 결정하는 중요한 요인으로서, 염분농도 변동이 크면 체내삼투농도 조절 및 체액 농도를 변화시키며, 산소 소비와 같은 대사활동을 감소시킨다고 알려져 있다 (Hammond, 1983; Matthews & Fairweather, 2004). 수온과 마찬가지로 염분과 치패와의 관련성 연구에서도 생존, 성장 및 체성분에 영향을 미친다는 보고가 있다 (Jeong *et al.*, 2013). 양식생물의 사육에 있어서 밀도는 매우 중요하여 적정 사육밀도를 벗어나면 생물에게 스트레스를 유발한다. 이매패류 치패의 사육에 있어 밀도는 생존과 성장에 영향을 미친다는 보고가 있다 (Kim *et al.*, 1998; Kim & Yi, 2017). 이매패류의 치패를 대상으로 먹이생물 및 먹이효율과 관련한 연구로는 수온에 따른 섭식률의 연구 (Son *et al.*, 2018) 및 먹이원에 따른 생존과 성장률에 관한 연구들이 보고되어 있다 (Nam *et al.*, 2012). 먹이생물과 이매패류 사육과의 관계에서는 단일 먹이생물의

공급보다는 혼합 먹이생물의 공급이 빠른 성장과 생존율을 높인다는 보고가 있다 (Enright *et al.*, 1986; Helm & Laing, 1987; Min & Shin, 2010).

본 연구는 왕우럭조개 양식기술개발의 목표로 치패 사육에 관한 연구로서 환경요인인 수온의 영향 및 사육밀도와 먹이생물 공급량이 생존 및 발생에 미치는 영향에 관한 연구를 목표로 한다. 국내 및 국외에서 왕우럭조개의 치패 사육에 관한 연구 보고는 전무한 실정이다. 왕우럭조개의 양식산업 기술개발은 자원조성 및 양식 산업을 위해서 매우 중요하며, 완전 양식화를 위해서는 인공종묘생산 및 치패의 사육 조건이 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 치패의 사육에 있어서 수온, 사육 밀도 및 먹이공급 등의 요인이 생존 및 성장에 미치는 영향을 조사하여 최적의 조건 규명을 목표로 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 왕우럭조개 초기 치패

왕우럭조개 초기치패의 안정적인 사육기술을 개발하기 위한 실험은 2017년 6월-7월까지 한국농수산대학 수산생물사육실험실에서 이루어졌으며 실험에 사용된 초기치패는 각각 350-380  $\mu\text{m}$  정도로 300  $\mu\text{m}$  sieve로 걸러 사용하였다 (Fig. 1).

### 2. 수온에 따른 성장과 생존

왕우럭조개 초기치패의 사육을 위하여 5 L 비이커에 수온을 17°C (대조구, 자연수온), 22°C, 25°C, 28°C 4구간으로 구분하여 다연실배양기에서 사육하였다. 먹이공급은 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros simplex*, *Tetraselmis suecica*를 혼합하여  $2 \times 10^5$  cells/ml을 1일 2회 공급하였다.

염분은 여과된 자연해수 ( $30.0 \pm 1.5$  psu) 를 사용하였고 사육밀도는 500 inds./cm<sup>2</sup>로 사육하였다.

### 3. 사육밀도에 따른 성장과 생존

사육밀도에 따른 성장과 생존 조사를 위하여 사육밀도를

500 ind./cm<sup>2</sup>, 1,000 ind./cm<sup>2</sup>, 3,500 ind./cm<sup>2</sup>, 5,000 ind./cm<sup>2</sup> 4구간으로 구분하였으며 수온은 24℃로 고정시켰고 자연 염분으로 사육하였다. 초기치패 사육은 5 L 비이커를 사용하여 다연실배양기에서 수행하였다. 먹이공급은 *I. galbana*, *C. simplex*, *T. suecica*를 혼합하여 2 × 10<sup>5</sup> cells/ml을 1일 2회 공급하였다.

**4. 먹이종류에 따른 성장과 생존**

먹이종류에 따른 성장과 생존을 알아보기 위한 실험에 사용된 먹이생물은 *I. galbana*, *C. simplex*, *T. suecica*를 선정하였으며 실험구는 *I. galbana* 단독구, *C. simplex* 단독구, *T. suecica* 단독구 및 *I. galbana* + *C. simplex* + *T. suecica* 혼합구 4개로 구분하였다. 사육밀도는 500 ind./cm<sup>2</sup>로 맞추었으며 일일 먹이 공급량은 3 × 10<sup>5</sup> cells/ml 이었다. 수온은 24℃로 고정시켰고 자연염분으로 사육하였다. 초기치패 사육은 5 L 비이커를 사용하여 다연실배양기에서 수행하였다.

**5. 먹이생물 공급량에 따른 성장과 생존**

먹이공급량에 따른 성장과 생존을 알아보기 위한 실험에 사용된 먹이생물은 *I. galbana* + *C. simplex* + *T. suecica* 혼합된 먹이생물이다. 먹이생물은 10 × 10<sup>4</sup> cells/ml, 30 × 10<sup>4</sup> cells/ml, 50 × 10<sup>4</sup> cells/ml 및 100 × 10<sup>4</sup> cells/ml 4구간으로 구분하여 실험하였다. 초기치패 사육은 5 L 비이커를 사용하여 다연실배양기에서 수행하였다.

초기치패의 실험구 사육수는 지수식으로 35일간 사육하였으며, 환수는 3일에 한번 전량 실시하였다. 관찰은 7일 간격으로 총 5회 실시하여 성장(각장, 각고) 과 생존율을 조사하였다. 생존율 조사는 치패를 현미경에서 관찰하면서 치패내부가 비어있는 개체를 계수하는 방법으로 실시하였다. 모든 실험은 3반복으로 실시하였다.

통계처리는 Statistical Analysis System (SASInc. 1999) program을 이용한 one-way ANOVA 및 Duncan's Multiple Range Test (Duncan 1999) 방법으로 유의성 (P < 0.05) 을 분석하였다.

**결 과**

**1. 수온에 따른 치패의 성장과 생존**

왕우럭조개 초기치패의 안정적인 성장과 생존에 적합한 사육 수온을 조사한 결과 초기치패의 각장, 각고 및 일간성장을 바탕으로 가장 빠른 성장은 25℃에서 나타났으며 대조구에서 가장 느린 것으로 나타났다 (Table 1).

초기치패의 각장 성장은 25℃에서 실험 개시 시 429.0 ± 7.2 μm였으나 35일 후의 실험 종료 시에는 991.7 ± 21.5 μm로 나타났다. 대조구에서는 실험 개시 시 439.2 ± 5.5 μm였으나 실험 종료 시 898.9 ± 24.1 μm로 나타나 가장 낮은 성장율을 보여 다른 수온 실험구와 유의적인 성장 차이를 보였다. 22℃에서는 실험 개시 시 433.2 ± 4.9 μm였었고 35일 후의 실험 종료 시에는 969.8 ± 23.2 μm로 나타났고, 28℃에서는 실험 개시 시 432.2 ± 6.3 μm를 나타냈고 35일 후의 실험 종료 시에는 948.8 ± 23.2 μm로 나타났다.

각고 성장은 25℃에서 실험 개시 시 383.8 ± 4.6 μm였으나 35일 후의 실험 종료 시에는 922.9 ± 20.2 μm로 나타났다. 대조구에서는 실험 개시 시 392.9 ± 4.2 μm였으나 실험 종료 시 836.6 ± 19.0 μm로 나타나 가장 낮은 성장율을 보여 다른 수온 실험구와 유의적인 성장 차이를 보였다. 22℃에서는 실험 개시 시 387.6 ± 5.1 μm였었고 35일 후의 실험 종료 시에는 902.5 ± 19.6 μm로 나타났고, 28℃에서는 실험 개시 시 386.6 ± 5.4 μm를 나타냈고 35일 후의 실험 종료 시에는 883.0 ± 20.9 μm로 나타났다.

일간 성장은 수온 25℃에서 16.1 ± 1.86 μm로 가장 빨랐으며 대조구에서 13.1 ± 1.54 μm로 가장 느린 것으로 나타났다. 22℃에서는 15.3 ± 1.05 μm로 나타났고, 28℃에서는 14.8 ± 0.94 μm로 나타났다.

사육기간에 따른 각장의 성장에 따른 성장형태는 사육 후 21일까지는 수온에 따른 차이를 보이지 않았으나 사육 21일 이후부터 수온에 따른 성장차이가 나기 시작하였다 (Fig. 2).

생존율은 35.6-51.2% 범위로 나타났는데 가장 높은 생존율을 보인 실험구는 22℃에서 51.2 ± 4.1%로 나타났다. 가장 낮은 생존율을 보인 실험구는 대조구로서 35.6 ± 4.2%로 나타났

**Table 1.** Growth and survival rate of spat of *Tresus keenae* by water temperature

Experimental group (°C)	Begin experiment		Finish experiment		Daily growth (μm)	Survival rate (%)
	Shell length (μm)	Shell height (μm)	Shell length (μm)	Shell height (μm)		
17	439.2 ± 5.5 <sup>a</sup>	392.9 ± 4.2 <sup>a</sup>	898.9 ± 24.1 <sup>b</sup>	836.6 ± 19.0 <sup>b</sup>	13.1 ± 1.54 <sup>b</sup>	35.6 ± 4.2 <sup>b</sup>
20	433.2 ± 4.9 <sup>a</sup>	387.6 ± 5.1 <sup>a</sup>	969.8 ± 23.2 <sup>ab</sup>	902.5 ± 19.6 <sup>ab</sup>	15.3 ± 1.05 <sup>ab</sup>	51.2 ± 4.1 <sup>a</sup>
24	429.0 ± 7.2 <sup>a</sup>	383.8 ± 4.6 <sup>a</sup>	991.7 ± 21.5 <sup>a</sup>	922.9 ± 20.2 <sup>a</sup>	16.1 ± 1.86 <sup>a</sup>	47.8 ± 3.1 <sup>ab</sup>
28	432.2 ± 6.3 <sup>a</sup>	386.6 ± 5.4 <sup>a</sup>	948.8 ± 23.2 <sup>ab</sup>	883.0 ± 20.9 <sup>ab</sup>	14.8 ± 0.94 <sup>ab</sup>	45.8 ± 3.9 <sup>ab</sup>

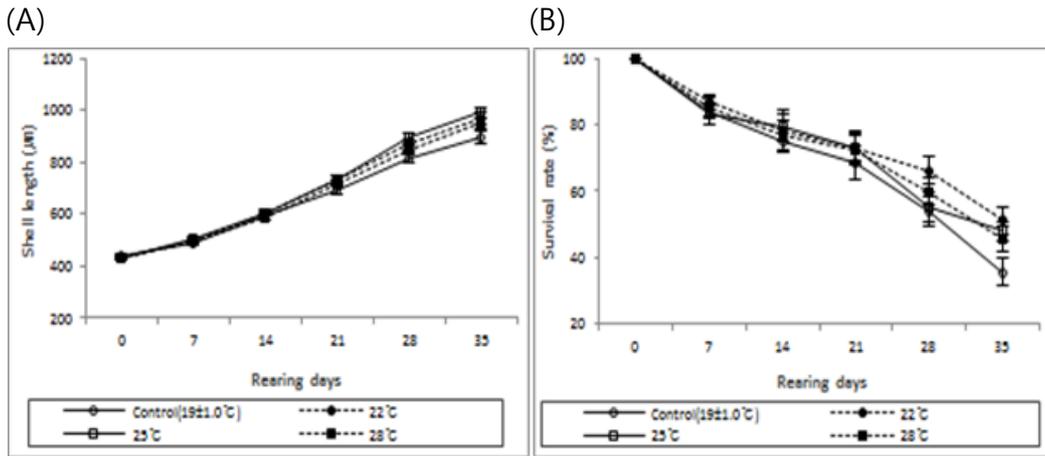


Fig. 2. (A) Growth and (B) survival rate under different water temperature during the farming period.

다. 그리고 25°C에서  $47.8 \pm 3.1\%$ , 28°C에서  $45.8 \pm 3.9\%$ 로 나타났다 (Table 1).

사육기간에 따른 생존율의 변화는 사육 21일까지는 수온에 따른 차이를 보이지 않았으나 사육 21일 이후부터 수온에 따른 생존율 차이가 나타나기 시작하였다 (Fig. 2).

**2. 사육밀도에 따른 치패의 성장과 생존**

사육밀도에 따른 왕우럭조개 초기치패의 성장을 조사한 결과 500 ind./cm<sup>2</sup>에서 가장 성장이 좋았으며, 5,000 ind./cm<sup>2</sup>에서 가장 저조한 성장을 보여주었다 (Table 2).

초기치패의 각장 성장은 500 ind./cm<sup>2</sup>에서 실험 개시 시  $420.5 \pm 5.5 \mu\text{m}$ 였으나 35일 후의 실험 종료 시에는  $981.8 \pm 24.1 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 5,000 ind./cm<sup>2</sup>에서는 실험 개시 시  $413.8 \pm 6.3 \mu\text{m}$ 였으나 실험 종료 시  $907.2 \pm 23.1 \mu\text{m}$ 로 나타나 가장 낮은 성장율을 보여 다른 사육밀도 실험구와 유의적인 성장 차이를 보였다. 1,000 ind./cm<sup>2</sup>에서는 실험 개시 시  $414.8 \pm 4.9 \mu\text{m}$ 였었고 35일 후의 실험 종료 시에는  $978.8 \pm 23.6 \mu\text{m}$ 로 나타났고, 3,500 ind./cm<sup>2</sup>에서는 실험 개시 시  $410.8 \pm 7.2 \mu\text{m}$ 를 나타냈고 35일 후의 실험 종료 시에는

$957.6 \pm 21.5 \mu\text{m}$ 로 나타났다.

각고 성장은 500 ind./cm<sup>2</sup>에서 실험 개시 시  $381.6 \pm 4.5 \mu\text{m}$ 였으나 35일 후의 실험 종료 시에는  $927.5 \pm 20.2 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 5,000 ind./cm<sup>2</sup>에서는 실험 개시 시  $375.4 \pm 5.0 \mu\text{m}$ 였으나 실험 종료 시  $839.8 \pm 21.8 \mu\text{m}$ 로 나타나 가장 낮은 성장율을 보여 다른 사육밀도 실험구와 유의적인 성장 차이를 보였다. 1,000 ind./cm<sup>2</sup>에서는 실험 개시 시  $376.3 \pm 4.8 \mu\text{m}$ 였었고 35일 후의 실험 종료 시에는  $906.8 \pm 18.6 \mu\text{m}$ 로 나타났고, 3,500 ind./cm<sup>2</sup>에서는 실험 개시 시  $372.7 \pm 5.4 \mu\text{m}$ 를 나타냈고 35일 후의 실험 종료 시에는  $887.0 \pm 20.2 \mu\text{m}$ 로 나타났다.

일간 성장은 500 ind./cm<sup>2</sup>에서  $16.9 \pm 1.57 \mu\text{m}$ 로 가장 빨랐으며 5,000 ind./cm<sup>2</sup>에서  $13.9 \pm 0.98 \mu\text{m}$ 로 가장 느린 것으로 나타났다. 1,000 ind./cm<sup>2</sup>에서는  $16.1 \pm 1.42 \mu\text{m}$ 로 나타났고, 3,500 ind./cm<sup>2</sup>에서는  $15.5 \pm 1.25 \mu\text{m}$ 로 나타났다.

사육기간에 따른 각장의 성장에 따른 성장형태는 사육 후 21일까지는 사육밀도에 따른 차이를 보이지 않았으나 사육 21일 이후부터 사육밀도에 따른 성장차이가 나기 시작하여 저밀

Table 2. Growth and survival rate of spat of *Tresus keenae* by rearing density

Experimental group (ind./cm <sup>2</sup> )	Begin experiment		Finish experiment		Daily growth (µm)	Survival rate (%)
	Shell length (µm)	Shell height (µm)	Shell length (µm)	Shell height (µm)		
500	$420.5 \pm 5.5^a$	$381.6 \pm 4.5^a$	$981.8 \pm 24.1^a$	$927.5 \pm 20.2^a$	$16.9 \pm 1.57^a$	$45.1 \pm 2.5^a$
1,000	$414.8 \pm 4.9^a$	$376.3 \pm 4.8^a$	$978.8 \pm 23.6^a$	$906.8 \pm 18.6^{ab}$	$16.1 \pm 1.42^{ab}$	$41.9 \pm 3.2^{ab}$
3,500	$410.8 \pm 7.2^a$	$372.7 \pm 5.4^a$	$957.6 \pm 21.5^{ab}$	$887.0 \pm 20.2^{ab}$	$15.5 \pm 1.25^{ab}$	$39.3 \pm 3.5^{ab}$
5,000	$413.8 \pm 6.3^a$	$375.4 \pm 5.0^a$	$907.2 \pm 23.1^b$	$839.8 \pm 21.8^b$	$13.9 \pm 0.98^b$	$33.2 \pm 3.0^b$

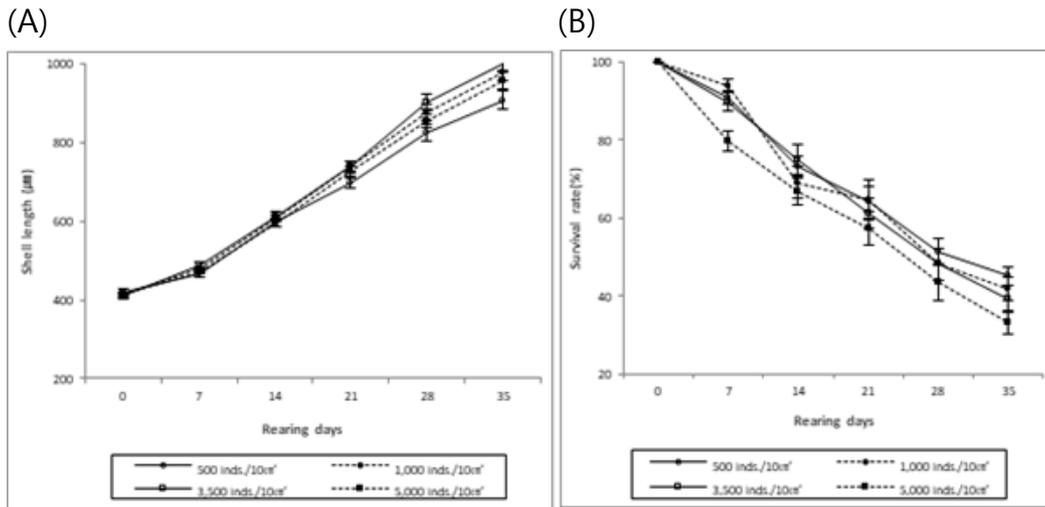


Fig. 3. (A) Growth and (B) survival rate under different rearing density during the farming period.

도 사육 실험구의 성장이 빨라지기 시작하였다 (Fig. 3).

생존율은 33.2-45.1% 범위로 나타났는데 가장 높은 생존율을 보인 실험구는 사육밀도 500 ind./cm<sup>2</sup>에서 45.1 ± 2.5%로 나타났다. 가장 낮은 생존율을 보인 실험구는 사육밀도 5,000 ind./cm<sup>2</sup>로서 33.2 ± 3.0%로 나타났다. 그리고 사육밀도 1,000 ind./cm<sup>2</sup>에서 41.9 ± 3.2%, 사육밀도 3,500 ind./cm<sup>2</sup>에서 39.3 ± 3.5%로 나타났다 (Table 2).

사육기간에 따른 생존율의 변화는 사육 초기부터 사육밀도에 따른 차이를 보이기 시작하여 5,000 ind./cm<sup>2</sup> 고밀도 사육 실험구는 사육초기부터 생존율 차이가 나타나기 시작하였다 (Fig. 3).

### 3. 먹이종류에 따른 치패의 성장과 생존

패류양식에 많이 사용하는 식물플랑크톤 중에 효과적인 먹이생물을 알아보기 위한 목표로 따른 먹이종류와 왕우럭조개 초기치패의 성장을 조사한 결과 *I. galbana* + *C. simplex* +

*T. suecica* 혼합구에서 가장 성장이 좋았으며, *T. suecica* 단독구에서 가장 저조한 성장을 보여주었다 (Table 3).

초기치패의 각장 성장은 *I. galbana* + *C. simplex* + *T. suecica* 혼합구에서 실험 개시 시 428.5 ± 3.6 µm였으나 35일 후의 실험 종료 시에는 1,000.3 ± 24.6 µm로 나타났다. *T. suecica* 단독구에서는 실험 개시 시 435.4 ± 4.8 µm였으나 실험 종료 시 876.6 ± 25.5 µm로 나타나 가장 낮은 성장율을 보여 다른 먹이종류 실험구와 유의적인 성장 차이를 보였다. *I. galbana* 단독구에서는 실험 개시 시 425.5 ± 4.5 µm였었고 35일 후의 실험 종료 시에는 967.0 ± 24.1 µm로 나타났고, *C. simplex* 단독구에서는 실험 개시 시 429.5 ± 5.2 µm를 나타냈고 35일 후의 실험 종료 시에는 945.7 ± 23.4 µm로 나타났다.

각고 성장은 *I. galbana* + *C. simplex* + *T. suecica* 혼합구에서 실험 개시 시 400.87 ± 4.3 µm였으나 35일 후의 실험 종료 시에는 942.2 ± 24.9 µm로 나타났다. *T. suecica* 단

Table 3. Growth and survival rate of spat of *Tresus keenae* by various feed organism

Experimental group (Feed rganism)	Begin experiment		Finish experiment		Daily growth (µm)	Survival rate (%)
	Shell length (µm)	Shell height (µm)	Shell length (µm)	Shell height (µm)		
<i>I. galbana</i>	425.5 ± 4.5 <sup>a</sup>	398.04 ± 4.2 <sup>a</sup>	967.0 ± 24.1 <sup>ab</sup>	913.5 ± 21.5 <sup>ab</sup>	15.5 ± 1.09 <sup>ab</sup>	40.7 ± 3.1 <sup>a</sup>
<i>C. simplex</i>	429.5 ± 5.2 <sup>a</sup>	401.8 ± 3.0 <sup>a</sup>	945.7 ± 23.4 <sup>ab</sup>	893.1 ± 22.2 <sup>ab</sup>	14.8 ± 1.11 <sup>ab</sup>	33.2 ± 2.0 <sup>b</sup>
<i>T. suecica</i>	435.4 ± 4.8 <sup>a</sup>	402.2 ± 3.5 <sup>a</sup>	876.6 ± 25.5 <sup>b</sup>	827.1 ± 24.2 <sup>b</sup>	12.6 ± 0.95 <sup>b</sup>	31.3 ± 2.2 <sup>b</sup>
<i>I. galbana</i> + <i>C. simplex</i> + <i>T. suecica</i>	428.5 ± 3.6 <sup>a</sup>	400.87 ± 4.3 <sup>a</sup>	1,000.3 ± 24.6 <sup>a</sup>	942.2 ± 24.9 <sup>a</sup>	16.3 ± 1.35 <sup>a</sup>	41.0 ± 2.2 <sup>a</sup>

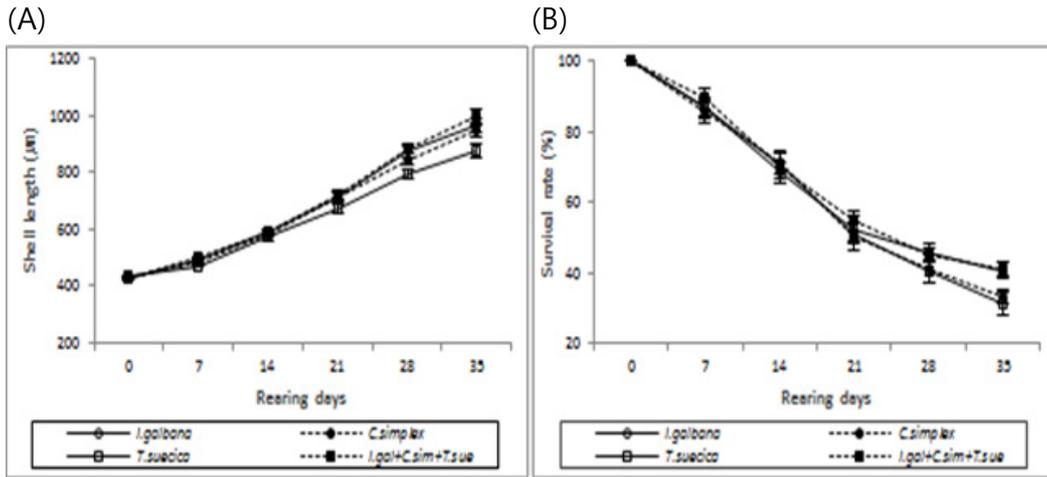


Fig. 4. (A) Growth and (B) survival rate under kind of feed organism the farming period.

독구에서는 실험 개시 시  $402.2 \pm 3.5 \mu\text{m}$ 였으나 실험 종료 시  $827.1 \pm 24.2 \mu\text{m}$ 로 나타나 가장 낮은 성장율을 보여 다른 먹이종류 실험구와 유의적인 성장 차이를 보였다. *I. galbana* 단독구에서는 실험 개시 시  $398.04 \pm 4.2 \mu\text{m}$ 였었고 35일 후의 실험 종료 시에는  $913.5 \pm 21.5 \mu\text{m}$ 로 나타났고, *C. simplex* 단독구에서는 실험 개시 시  $401.8 \pm 3.0 \mu\text{m}$ 를 나타냈고 35일 후의 실험 종료 시에는  $893.1 \pm 22.2 \mu\text{m}$ 로 나타났다.

일간 성장은 *I. galbana* + *C. simplex* + *T. suecica* 혼합구에서  $16.3 \pm 1.35 \mu\text{m}$ 로 가장 빨랐으며 *T. suecica* 단독구에서  $12.6 \pm 0.95 \mu\text{m}$ 로 가장 느린 것으로 나타났다. *I. galbana* 단독구에서는  $15.5 \pm 1.09 \mu\text{m}$ 로 나타났고, *C. simplex* 단독구에서는  $14.8 \pm 1.11 \mu\text{m}$ 로 나타났다.

사육기간에 따른 각장의 성장에 따른 성장형태는 사육 14일 이후부터 먹이종류에 따른 성장차이가 나기 시작하였는데 *T. suecica* 단독구 실험구의 성장이 다른 실험구에 비해 느려지기 시작하였다. 그리고 사육 후 28일 이후부터 각 실험구별 성장이 유의적인 차이를 보이기 시작하였다 (Fig. 4).

생존율은 31.3-41.0% 범위로 나타났는데 가장 높은 생존율을 보인 실험구는 *I. galbana* + *C. simplex* + *T. suecica* 혼합구에서  $41.0 \pm 2.2\%$ 로 나타났다. 가장 낮은 생존율을 보인 실험구는 *T. suecica* 단독구로서  $31.3 \pm 2.2\%$ 로 나타났다. 그리고 *I. galbana* 단독구에서  $40.7 \pm 3.1\%$ , *C. simplex* 단독구에서  $33.2 \pm 2.0\%$ 로 나타났다 (Table 3).

사육기간에 따른 생존율의 변화는 사육 21일까지는 먹이종류에 따른 차이를 보이지 않았으나 사육 21일 이후부터 먹이종류에 따른 생존율 차이가 나타나기 시작하였다 (Fig. 4).

#### 4. 먹이생물 공급량에 따른 치패의 성장과 생존

왕우럭조개 초기치패 먹이생물로 가장 효율적으로 평가된 *I. galbana* + *C. simplex* + *T. suecica* 혼합구를 이용하여 적절한 먹이생물 공급량을 조사한 결과  $50 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서 가장 성장이 좋았으며,  $10 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서 가장 저조한 성장을 보여주었다 (Table 4).

초기치패의 각장 성장은  $50 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서 실험 개시 시  $412.2 \pm 4.2 \mu\text{m}$ 였으나 35일 후의 실험 종료 시에는  $952.8 \pm 18.8 \mu\text{m}$ 로 나타났다.  $10 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서는 실험 개시 시  $422.0 \pm 5.1 \mu\text{m}$ 였으나 실험 종료 시  $863.6 \pm 21.5 \mu\text{m}$ 로 나타나 가장 낮은 성장율을 보여 다른 먹이생물 공급량 실험구와 유의적인 성장 차이를 보였다.  $30 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서는 실험 개시 시  $416.2 \pm 4.0 \mu\text{m}$ 였었고 35일 후의 실험 종료 시에는  $931.7 \pm 20.2 \mu\text{m}$ 로 나타났고,  $100 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서는 실험 개시 시  $415.2 \pm 4.4 \mu\text{m}$ 를 나타냈고 35일 후의 실험 종료 시에는  $911.6 \pm 19.9 \mu\text{m}$ 로 나타났다.

각고 성장은  $50 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서 실험 개시 시  $381.4 \pm 3.6 \mu\text{m}$ 였으나 35일 후의 실험 종료 시에는  $887.9 \pm 22.5 \mu\text{m}$ 로 나타났다.  $10 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서는 실험 개시 시  $390.5 \pm 2.6 \mu\text{m}$ 였으나 실험 종료 시  $804.9 \pm 20.2 \mu\text{m}$ 로 나타나 가장 낮은 성장율을 보여 다른 먹이생물 공급량 실험구와 유의적인 성장 차이를 보였다.  $30 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서는 실험 개시 시  $385.1 \pm 3.1 \mu\text{m}$ 였었고 35일 후의 실험 종료 시에는  $868.3 \pm 8.9 \mu\text{m}$ 로 나타났고,  $100 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서는 실험 개시 시  $384.2 \pm 3.9 \mu\text{m}$ 를 나타냈고 35일 후의 실험 종료 시에는  $849.6 \pm 20.4 \mu\text{m}$ 로 나타났다.

일간 성장은  $50 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서  $15.4 \pm 1.36 \mu\text{m}$ 로 가장 빨랐으며  $10 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서  $12.6 \pm 1.05 \mu\text{m}$ 로 가장 느린 것으로 나타났다.  $30 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 에서는  $14.7 \pm 1.21$

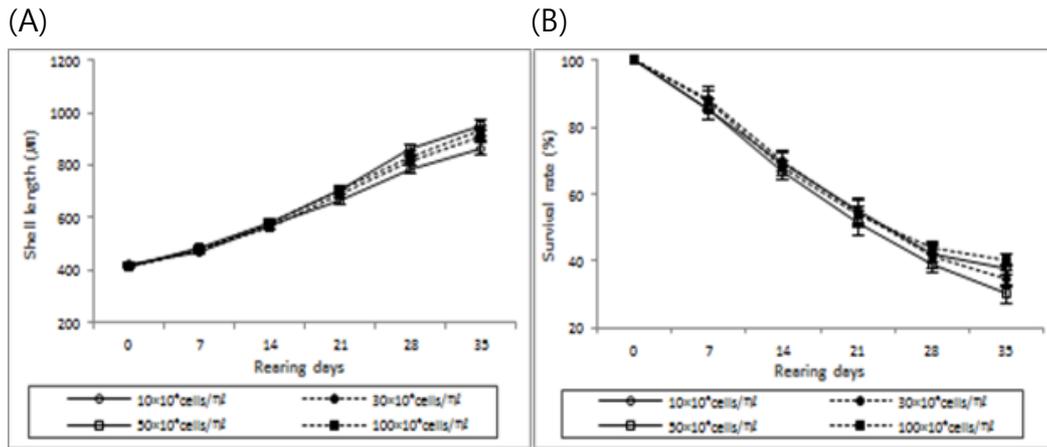


Fig. 5. (A) Growth and (B) survival rate under amount of mixed feeding the farming period.

μm로 나타났고, 100 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서는 14.2 ± 1.20 μm로 나타났다.

사육기간에 따른 각장의 성장에 따른 성장형태는 먹이공급량에 따라 차이를 보였다. 사육 14일 이후부터 성장차이가 나타나기 시작하였으며, 사육 28일 이후부터 각 실험구별 성장에 유의적인 차이를 보이기 시작하였다 (Fig. 5).

생존율은 37.6-40.2% 범위로 나타났는데 가장 높은 생존율을 보인 실험구는 100 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서 40.2 ± 2.0%로 나타났다. 가장 낮은 생존율을 보인 실험구는 50 × 10<sup>4</sup> cells/ml로서 30.1 ± 2.6%로 나타났다. 그리고 10 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서 37.6 ± 1.6%, 30 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서 34.5 ± 2.5%로 나타났다 (Table 4). 먹이공급량에 따른 생존율은 성장과는 관련성이 다르게 나타났다.

사육기간에 따른 생존율의 변화는 사육 후 28일 이후부터 먹이공급량에 따라 생존율 차이가 유의적으로 나타나기 시작하였다 (Fig. 5).

고찰

현재 우리나라에서는 많은 이매패류의 천해양식이 이루어지고 있으며, 이매패류가 천해양식에 차지하는 비율은 매우 높다. 이매패류의 양식 산업화를 위한 인공종묘생산 및 양성의 기술은 양식화 대상 이매패류의 서식지의 특성 등 생태학적인 연구를 비롯하여 생식세포, 수정란 발생 등의 발생생리학적인 지식 및 먹이생물 연구 등이 필요하다. 특히, 해양생물은 서식지의 특성상 주변의 환경요인에 직접적이고 민감하게 영향을 받기 때문에 자연생태학적 요인인 수온, 염분, 사육밀도 및 먹이생물 등은 매우 중요한 환경요인이다. 따라서 환경요인의 작은 변화는 생태계 전반에 영향을 미치며, 또한 생물의 항상성에 영향을 주어 생물의 성장이나 생존에 영향을 미치기 때문에 양식화 대상 생물체의 환경요인의 적정성 연구는 매우 중요하다.

환경요인에 의한 이매패류의 생존 및 발생에 관한 연구로는 수온과 염분의 환경적 요인 (Wilson & Elkaim 1991; Chapple *et al.*, 1998; Shin & Wi, 2004; Shin & Yang, 2005; Shin *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2010; Kim & Yi, 2017), 먹이생물의 종류 (Enright *et al.*, 1986; Laing & Verdugo, 1991; Min & Shin, 2010), 먹이생물 공급량 (Nell & Wisely, 1984; Yang *et al.*, 2003; Kim & Yi,

Table 4. Growth and survival rate of spat of *Tresus keenae* by amount of mixed feed organism

Experimental group (Feed amount, × 10 <sup>4</sup> cell/ml)	Begin experiment		Finish experiment		Daily growth (μm)	Survival rate (%)
	Shell length (μm)	Shell height (μm)	Shell length (μm)	Shell height (μm)		
10 × 10 <sup>4</sup>	422.0 ± 5.1 <sup>a</sup>	390.5 ± 2.6 <sup>a</sup>	863.6 ± 21.5 <sup>b</sup>	804.9 ± 20.2 <sup>b</sup>	12.6 ± 1.05 <sup>b</sup>	37.6 ± 1.6 <sup>a</sup>
30 × 10 <sup>4</sup>	416.2 ± 4.0 <sup>a</sup>	385.1 ± 3.1 <sup>a</sup>	931.7 ± 20.2 <sup>a</sup>	868.3 ± 18.9 <sup>a</sup>	14.7 ± 1.21 <sup>a</sup>	34.5 ± 2.5 <sup>ab</sup>
50 × 10 <sup>4</sup>	412.2 ± 4.2 <sup>a</sup>	381.4 ± 3.6 <sup>a</sup>	952.8 ± 18.8 <sup>a</sup>	887.9 ± 22.5 <sup>a</sup>	15.4 ± 1.36 <sup>a</sup>	30.1 ± 2.6 <sup>b</sup>
100 × 10 <sup>4</sup>	415.2 ± 4.4 <sup>a</sup>	384.2 ± 3.9 <sup>a</sup>	911.6 ± 19.9 <sup>ab</sup>	849.6 ± 20.4 <sup>ab</sup>	14.2 ± 1.20 <sup>ab</sup>	40.2 ± 2.0 <sup>a</sup>

2017), 및 사육밀도 (Yang *et al.* 2003; Min & Shin, 2010; Kim & Yi 2017) 등이 있다.

특히 왕우럭조개 초기치패는 바닥으로 침착하는 비부착성 패류로 인공종묘생산시 수조바닥에 침착된 초기치패 사육관리는 매우 중요하면서 어려운 과정이다. 이 시기의 수조바닥은 폐사한 치패, 배설물 및 잉여 먹이생물 등으로 인하여 치패에게 치명적인 세균 등이 대량으로 번식할 수 있다. 또한 원활한 사육수의 환수가 부족하여 수질변화가 일어나기 쉽다. 따라서 면역 및 생리적으로 매우 약한 시기에 수온과 사육밀도, 먹이생물 및 먹이공급량 등과 같은 사육환경조건이 잘 관리되지 않으면 대량폐사가 발생되기 때문에 인공종묘생산 시 많은 관심 및 관리가 요구된다.

본 연구는 이매패류 왕우럭조개 양식산업화 과정에서 치패 사육에 관한 연구로서 수온, 사육밀도, 먹이생물 및 먹이공급량이 치패사육에 미치는 영향에 관한 연구를 통해 최적의 치패 사육 조건의 확립을 목표로 하였다.

연구결과 수온이 치패의 성장과 생존에 미치는 영향의 연구에서는 수온 22°C에서 25°C범위가 성장 및 생존에 있어서 가장 효율적이며 최적이라는 결과가 나타났다. 수온 22°C에서는 생존율이 높게나왔고 수온 25°C에서는 성장이 가장 좋게 나타났다. 일반적으로 이매패류의 성장은 서식범위 내에서 수온이 높을수록 성장이 좋고 수온이 낮을수록 생존율이 좋다고 알려져 있다. 실험 시 대조군의 자연수온이 17°C인 점을 감안하면 최적의 사육수온을 맞추기 위해서는 5-8°C 정도의 가온이 필요하다. 따라서 왕우럭조개 양식화의 경제성 고려 및 적정 자연수온이 형성되는 계절에의 집중적인 치패 생산 등을 합리적으로 고려할 필요가 있다고 생각한다.

본 연구에서는 이매패류 성장 및 생존에의 최적의 염분 농도로 알려진 30 psu의 염분농도를 유지하여 연구하였다. 이전의 연구에 의하면 수온 및 염분 등의 환경요인은 생물의 서식, 대사, 생산력 및 발생생리 등에 영향을 미친다고 보고하고 있다 (Sato & Tsuchiya, 1987; Loomis *et al.*, 1995; Bailey *et al.*, 1996; Berger & Kharazova, 1997; Lee *et al.*, 1997; Chapple *et al.*, 1998; Shin & Wi, 2004).

왕우럭조개 치패 사육밀도에 의한 치패의 성장 및 생존의 연구결과 500 ind./cm<sup>2</sup>에서 가장 성장 및 생존율이 좋았으며, 5,000 ind./cm<sup>2</sup>에서 가장 저조한 성장 및 생존율을 나타내었다. 일반적으로 이매패류 유생 및 치패 등의 사육에 있어 밀도는 수용 개체가 적은 저밀도에서 발생, 성장 및 생존율이 높다는 보고가 있다 (Min & Shin, 2010; Min & Kim, 2010; Kim *et al.*, 2013; Kim & Yi, 2017). 이러한 이유로는 적정 밀도 이상의 사육은 개체 간 충돌에 의한 성장장애 및 수질악화에 따른 환경스트레스 유발에 의한 폐사 발생 등을 사례로 들 수 있다.

이매패류의 인공종묘생산에서는 성장과 생존에 큰 영향을 미치는 먹이생물의 선택 및 적정 공급량 정립 등은 매우 중요하며, 또한 안정적인 먹이생물 공급을 위해서 대량배양이 용이한 먹이생물을 선택하는 것이 매우 중요하다고 알려져 있다 (Gerdes, 1983a, b; Kim *et al.* 2004).

본 연구에서 먹이생물은 *I. galbana* + *C. simplex* + *T. suecica* 혼합구에서 가장 성장 및 생존율이 좋게 나타났으며, *T. suecica* 단독구에서 가장 저조한 성장 및 생존율을 보여주었다. 이매패류에게 먹이생물 공급 시 단일종의 먹이생물을 공급보다 혼합종의 공급이 주요한 영양소의 공급이 유리하기에 영양적 측면에서 성장 및 생존율에 긍정적 영향을 미친다는 보고가 있다 (Enright *et al.*, 1986; Helm & Laing, 1987; Min & Shin, 2010). 따라서 왕우럭조개 치패의 먹이생물은 *I. galbana*, *C. simplex* 및 *T. suecica*의 혼합 공급이 좋다고 판단된다. 더불어 이들 먹이생물은 대량배양이 용이하다는 장점도 있다.

왕우럭조개 초기치패 먹이생물로 가장 효율적으로 평가된 *I. galbana* + *C. simplex* + *T. suecica* 혼합구를 이용하여 적정한 먹이생물 공급량을 조사한 결과 50 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서 가장 성장이 좋았으며, 10 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서 가장 저조한 성장을 보여주었다 또한 가장 높은 생존율을 보인 실험구는 100 × 10<sup>4</sup> cells/ml이고 가장 낮은 생존율을 보인 실험구는 50 × 10<sup>4</sup> cells/ml로 나타났다. 본 연구결과는 가장 효율적인 먹이생물의 공급량에 따른 성장 및 생존율의 결과가 연관성이 낮게 나타났다. 이매패류 종의 종류에 따른 먹이생물공급에 있어서 먹이생물의 단일 혹은 복합 공급에 따른 성장 및 생존에 관한 연구는 다수 보고되어 있으나, 먹이생물 공급량에 따른 성장 및 생존에 대한 연구는 미미한 실정이다 (Nell & Wisely, 1984; Delaunary *et al.*, 1992; Marty *et al.*, 1992; Kim & Yi, 2017).

왕우럭조개 치패에게 *I. galbana*, *C. simplex* 및 *T. suecica* 먹이생물을 혼합 공급 시 50 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서 가장, 각고 및 일간 성장은 952.8 ± 18.8 μm, 887.9 ± 22.5 μm 및 15.4 ± 1.36 μm로 나타났고, 100 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서 가장, 각고 및 일간 성장은 911.6 ± 19.9 μm, 849.6 ± 20.4 μm 및 14.2 ± 1.20 μm로 나타났다. 생존율은 50 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서 30.1 ± 2.6%를 나타냈고, 100 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서는 40.2 ± 2.0%로 나타났다. 결론적으로 50 × 10<sup>4</sup> cells/ml과 100 × 10<sup>4</sup> cells/ml의 성장차이에 비해 생존율의 차이가 너무 크다. 따라서 연구결과를 바탕으로는 생존율이 우수한 100 × 10<sup>4</sup> cells/ml의 공급량이 적합하다 생각된다. 그러나 공급량에 따른 성장과 생존율의 개연성 및 관련 연구자들의 연구 보고의 미비 등은 연구의 필요성을 느낀다.

이상의 연구결과를 바탕으로 왕우럭조개 치패의 사육에 있

어서 수온, 사육밀도, 먹이생물 및 먹이생물 공급량 등의 최적의 조건을 제시하였다. 제시한 최적화된 환경요인결정은 왕우럭조개의 치폐사육 생산성 향상에 기여하리라 생각된다.

## 요 약

본 연구는 수온, 사육밀도, 먹이생물 및 먹이생물 공급량과 같은 환경요인이 왕우럭조개 *Tresus keenae* 치폐사육 시 성장 및 생존에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 연구결과, 왕우럭조개 치폐사육의 최적 조건은 수온 22℃에서 25℃, 사육밀도 500 ind./cm<sup>2</sup>, 먹이생물 *I. galbana*, *C. simplex* 및 *T. suecica* 혼합공급 및 공급량 50 × 10<sup>4</sup> cells/ml에서 100 × 10<sup>4</sup> cells/ml이었다.

본 연구 결과를 통해 밝혀진 왕우럭조개 치폐사육 최적의 환경요인은 빠른 성장 및 높은 생존율을 통해 생산성 향상에 기여하리라 생각된다.

## REFERENCES

- Bailey, J., J. Parsons. and C.A. Couturier (1996) Salinity tolerance in the blue mussel, *Tresus keenae*. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.*, **96**: 74-76.
- Berger, V.J. and A.D. Kharazova (1997) Mechanisms of salinity adaptations in marine molluscs. *Hydrobiologia.*, **355**: 115-126.
- Chapple, J.P., G.R. Smerdon, R.J. Berry. and A.J.S. Hawkins (1998) Seasonal changes in stress-70 protein levels reflect thermal tolerance in the marine bivalve *Tresus keenae* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **229**: 53-68.
- Delaunary, F., Y. Marty, J. Moal and J.F. Samain (1992) Growth and lipid class composition of *Pecten maximus* (L) larvae grown under hatchery conditions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **163**: 209-219.
- Enright, C.T., G.F. Newkirk, J.S. Craigie and J.D. Castell (1986) Evaluation of phytoplankton as diets for juvenile *Ostrea edulis* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **96**: 1-13.
- 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.
- Hammond, L.S. (1983) Experimental studies of salinity tolerance, burrowing behavior and pedicle regeneration in *Lingula anatina* (Brachiopoda, Inarticulata). *Journal of Paleontology*, **57**: 1311-1316.
- Helm, M.M. and I. Laing (1987) Preliminary observations on the nutritional value of Tahiti Isochrysis to bivalve larvae. *Aquaculture*, **62**: 281-288.
- Jeong, M.H., S.H. Kim, M.S. Park, K.W. Kim, Y.J. Chang and J.I. Myeong (2013) Survival rate and body composition changes in juvenile abalone *Haliotis discus hannai* by temperature/salinity change. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, **46**: 565-570.
- Kang, H.S. and C.W. Kim (2018a) Effects of water temperature, salinity, rearing density and food supply on the growth and survival of the Surf Clam, *Tresus keenae* larvae. *JMLS.*, **3**: 67-73.
- Kang, H.S. and C.W. Kim (2018b) Spawning and larval developments of the Surf Clam, *Tresus keenae*. *Korean J. Malacol.*, **34**: 9-15.
- Kang, H.S., H.C. Choi, J.H. Cho and C.W. Kim (2020) Larval breeding using Bacillus species, an intestinal microorganism isolated from Surf Clam (*Tresus keenae*). *Korean J. Malacol.*, **36**: 219-227.
- Kim, B.H., S.M. Lee, C.S. Go, J.W. Kim and J.I. Myeong (1998) Optimum stocking density of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) fed the formulated diet or macroalgae (Undaria). *J. Korean Fish Soc.*, **31**: 869-9-874.
- Kim, B.H., Y.B. Moon, K.Y. Park, P.G. Jo and M.C. Kim (2010) Study on spawning induction and larvae breeding of the hard clam, *Meretrix petechialis* (Lamarck). *Korean J. Malacol.*, **26**: 151-156.
- Kim, B.H., M.W. Park, M.H. Son, T.I. Kim and J.I. Myeong (2013) A Study on the optimum stocking density of the juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* net cage culture or indoor tank culture. *Korean J. Malacol.*, **29**: 189-195.
- Kim, C.W. and K.H. Kho (2004) Effects of water temperature and salinity on dietary feeding of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*). *Korean J. Environ. Biol.*, **22**: 28-34.
- Kim, C.W. and S.W. Yi (2017) Effect of water temperature, rearing density, salinity and food organisms on the growth and survival rate in early juvenile hard shelled mussel, *Mytilus coruscus*. *Korean J. Environ. Biol.*, **35**: 152-159.
- Kim, C.W., D.S. Jeong and H.S. Kang (2019) Study on the management of broodstock and effect of raise the temperature for promotion of maturity in Surf Clam, *Tresus keenae*. *J. of Practical Agriculture & Fisheries Research*, **21**: 149-157.
- Kim, C.W., S.W. Yi, Y.M. Lee and H.S. Kang (2021) Biofilm formation and effects using strains of intestinal Bacillus species isolated from Surf Clam (*Tresus keenae*). *Korean J. Malacol.*, **37**: 187-195.
- Kim, C.W., D.S. Jeong, S.J. Choi and H.S. Kang (2021) Study on the habitat environment of Surf Clam, *Tresus keenae*. *J. of Practical Agriculture & Fisheries Research*, **23**: 15-24.
- Kim, D.H., H.K. Lim, K.S. Min, Y.J. Chang and T.I. Kim (1999) Reproductive cycle of surf clam (*Tresus keenae*) in southern coast of Korea. *J. Kor. Fish Soc.*, **32**: 659-663.
- Kim, J.H. and M.S. Yoo (2002) Spermatozoan ultrastructure of 4 species in Mactridae. *J. Korean*

- Fish. Soc.*, **35**: 504-511.
- Kim, J.H., D.H. Kim, M.S. Yoo and M.H. Yang (2005) Ultrastructure of gametogenesis of the surf clam (*Tresus keenae*) (Mactridae: Bivalvia). *J. Korean Fish Soc.*, **38**: 94-99.
- Kim, J.M., S.C. Kim, J.W. Hur, S.M. Lim, Y.H. Kim, S.C. Seon and K.H. Kang (2012) Effects of water temperatures on the larval development and spat growth of the cockle shell, *Fulvia mutica*. *Korean J. Malacol.*, **28**: 7-12.
- Kim, Y.D., C. Lee, B.H. Min, M. Kim, G.S. Kim, J. Choi, W.G. An and M.M. Nam (2014) Early sexual maturation through temperature stimulation and development of *Patinopecten yessoensis*. *Korean J. Malacol.*, **30**: 311-319.
- Laing, I. and C.G. Verdugo (1991) Nutritional value of spray-dried *Tetraselmis suecica* for juvenile bivalves. *Aquaculture*, **92**: 207-218.
- Lee, C., Y.C. Kim, G.S. Kim and M.M. Nam (2013) Development and growth in fertilized eggs and larvae of Korea swift's scallop *Chlamys swiftii* reared in the laboratory. *Korean J. Malacol.*, **29**: 263-272.
- Lee, J.Y., W.K. Kim and Y.J. Chang (1997) Influence of water temperature and salinity on egg development of flatfish, *Limanda herzensteini*. *J. Aquacult.*, **10**: 357-362.
- Lee, K.S. (2014) Survival and growth in juvenile abalone *Haliotis discus hannai* to ocean acidification and elevated temperature. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, **47**: 154-159.
- Loomis S.H., A.D. Ansell, R.N. Gibson and M. Barnes (1995) Freezing tolerance of marine invertebrates. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, **33**: 337-350.
- Marty, Y., F. Delaunary, J. Moal and J.F. Samain (1992) Changes in the fatty acid composition of *Pecten maximus* (L) during larval development. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **163**: 221-234.
- Matthews, Y.T.G. and P.G. Fairweather (2004) Effect of lowered salinity on the survival, condition and reburial of *Soletellina alba* (Lamarch, 1818) (Bivalvia: Psammobiidae). *Austral Ecology*, **29**: 250-257.
- Min, B.H. (2019) Growth and survival on rearing conditions and live food for larvae of the Keen's gaper *Tresus keenae*. *Korean J. Malacol.*, **35**: 9-17.
- Min, B.H. and T.J. Kim (2010) Effect of temperature, salinity and density on the egg development of the sunray surf clam, *Mactra chinensis*. *Korean J. Malacol.*, **26**: 297-302.
- Min, B.H. and H.J. 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.
- Nam, M.M., J.C. Park, M.S. Park and C. Lee (2012) Development of replacement diets for improved growth and survival rate of scallop juvenile *Patinopecten yessoensis*. *Korean J. Malacol.*, **28**: 137-143.
- Nam, M.M., C. Lee, M. Kim, J.W. Kim and Y.D. Kim (2014) Development and growth in fertilized eggs and larvae of the Japanese geoduck, *Panopea japonica* reared in the laboratory. *Korean J. Malacol.*, **30**: 303-309.
- Nell, J.A. and B. Wisely (1984) Experimental feeding of Sydney rock oysters (*Saccostrea commercialis*) III. Food concentration and fattening procedures. *Aquaculture*, **37**: 197-208.
- Newell, R.C. and L.H. Kofoed (1977) Adjustment of the components of energy balance in the gastropod *Crepidula fornicata* in response to thermal acclimation. *Mar. Boil.*, **44**: 275-286.
- Rha, S.J., S.D. Sang and Y.K. An (2019) Age and growth of the *Tresus keenae* (Bivalvia: Mactridae) in the south coast of Korea. *Korean J. Malacol.*, **35**: 303-309.
- Sato, M. and M. Tsuchiya (1987) Reproductive behavior and salinity favorable for early development in two type of the brackfishwater polychaete, *Neanthes japonica*. *Benthos. Res.*, **31**: 29-42.
- Seon, S.C., J.M. Kim, C.G. Jung, S.J. Yun and K.H. Kang (2005) Influence of water temperature on spawning induction, larval and spat rearing of Trumpet shell, *Charonia lampas sauliae*. *Korean J. Malacol.*, **21**: 107-111.
- Shin, H.C., J.H. Lee, H.J. Jeong, J.S. Lee, J.J. Park and B.H. 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, Y.K. and C.H. Wi (2004) Effect of temperature and salinity on survival and metabolism of the hard shelled mussel *Mytilus coruscus*, Bivalve: Mytilidae. *J. of Aquaculture*, **17**: 103-108.
- Shin, Y.K. and M.H. Yang (2005) Effects of temperature and salinity on the survival and metabolism of *Tresus keenae* (Mollusca: Bivalvia). *J. Fish Sci. Technol.*, **8**: 161-166.
- Son S.B., G.T. Kim, M.M. Nam, C.S. Lee and H.J. Lim (2018). Feeding efficiency of juvenile geoduck *Panopea japonica* in terms of water temperature and marine algae. *Korean J. Malacol.*, **34**: 201-207.
- Wilson, J.G. 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.
- Yang, M.H., B.S. Oh and C.H. Han (2003) Growth and survival rates of flat oyster, *Ostrea denselamellosa*, by condition of larval cultivation. *Korean J. Malacol.*, **19**: 133-142.
- Yi, S.W., S.H. Moon, H.S. Cho and C.W. Kim (2017) Degradation capability of macromolecular organic matters and antimicrobial activities of *Bacillus* species isolated from surf clam (*Tresus keenae*). *Korean J. Vet. Serv.*, **40**: 265-275.