

# 새꼬막 (*Scapharca subcrenata*) 부착기 유생을 이용한 고밀도 채묘에 관한 비교 연구

한종철<sup>1</sup>, 황인준, 김정하, 강희웅

국립수산과학원 서해수산연구소, <sup>1</sup>남동해수산연구소

## A comparison study for high-density settlement using post larvae ark shell, *Scapharca subcrenata*

Jongcheol Han<sup>1</sup>, Injun Hwang, Jung-ha Kang and Heewoong Kang

West Sea Fisheries Research Institute, NIFS, 14, Seonnyeobawi-ro, Jung-gu, Incheon, Korea

<sup>1</sup>Southeast Sea Fisheries Research Institute, NIFS, 397-68, Sanyangilju-ro, Sanyang-eup, Tongyeong, Korea

### ABSTRACT

The purpose of this study is to improve economical seed production of ark shell, *Scapharca subcrenata* by remote induced setting method. The setting rate according to the ark shell setting method differed from the set on net by 5.7% and high-density settlement system (Downwelling system) by ranging from 11.1-19.8%. Setting rate of high-density system was significantly influenced by initial stock in density were setting rate of high-density system was variable, at stocking density  $30 \times 10^4$  individuals per setting aquarium with a setting rate 19.8%. however setting rates of between  $60-90 \times 10^4$  individuals per setting aquarium were 13.8-11.1%, with higher density leading to higher setting rate. Using substrate in the high-density setting system, the setting rate was investigated and without substrate, microcultch 300 mL and microcultch 600 mL experimental condition with a non substrate condition was 17.2%, the microcultch 300 mL condition was 14.1%, the microcultch 600 mL condition 13.8%. The stimulation of increased setting rate by less substrate as microcultch, a situation beneficial to setting efforts for the species. As a result of investigating the new setting method of *S. subcrenata* artificial seeds, the high-density setting method (Downwelling system) was able to produce 85 times higher per unit area than existing natural setting method, and it is expected that mass artificial seed production, *S. subcrenata* will be possible.

**Keywords:** Setting ratio, Induced settlement, Downwelling, *Scapharca subcrenata*, Ark shell

### 서론

새꼬막은 돌조개목 돌조개과에 속하며, 주로 반폐쇄형 (Semienclosed) 만이나 연안해역의 사니질 바닥에 서식하는 것으로 보고된 바 있다 (Yasuo and Yumi, 2007). 우리나라 새꼬막 주요 생산지는 전라남도 득량만, 여자만 및 광양만에서

대부분 생산되고 있으며, 새꼬막 어업권은 2021년 기준 전국 12,259 ha 중 전남지역 어업권은 10,950 ha로 절대적인 우위를 나타낸다. 우리나라 새꼬막 양식생산량은 1995년 13,027 톤, 2007년 28,372 톤이었으나 이듬해 2008년 1,637 톤으로 급감하였고, 2014년 954 톤, 2015년 96 톤으로 감소하였으나, 2018년 이후 생산량은 점차 회복하여 연간 약 4,000 톤 이상 생산 되고 있다 (KOSIS, 2022).

새꼬막 산란기는 6-7월로 태풍, 고수온 현상이 주로 발생하는 시기와 겹쳐 산란 가능한 어미의 대량폐사, 초기 채묘 개체의 탈락, 자연채묘 시설손상 등 다양한 문제점이 있고 (NIFS, 2020), 새꼬막 생산주기는 2년으로 대량폐사가 발생할 경우 이듬해 생산량이 감소하는 현상이 반복적으로 발생하고 있다 (Lim and Hur, 2010). 새꼬막 양식을 위한 종자는 대부분 자연채묘에 의존하여 공급되고 있으나, 자연채묘는 인력에 의해 시설 및 운영되어 어촌 고령화 현상으로 향후 지속적인 종자공

Received: June 15, 2022; Revised: June 21, 2022; Accepted: June 28, 2022

Corresponding author: Jongcheol Han

Tel: +82 (32) 745-0731, e-mail: han0624@korea.kr  
1225-3480/24817

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.

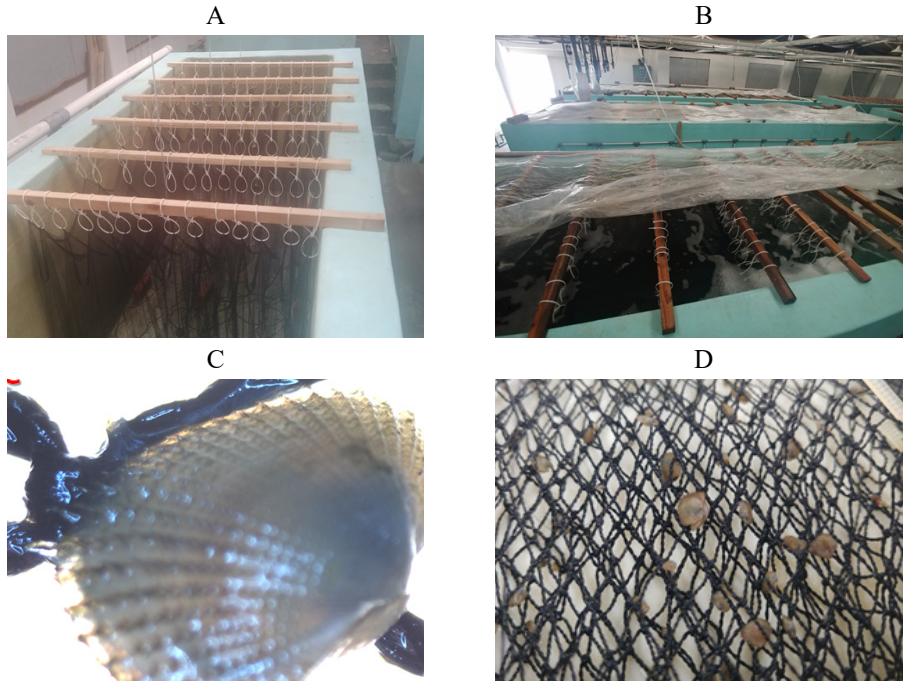


Fig. 1. Process of artificial seeding ark shell. (A) Setting up cultch, (B) Setting tank, (C) spat substrates on cultch, (D) Count of juvenile ark shell (10 × 10 cm).

급 대안으로서는 한계가 있다 (News1, 2015). 따라서 안정적인 새꼬막 인공종자 공급체계 구축을 위해서는 관련 연구와 기술개발이 필요한 실정이다.

새꼬막 인공종자 관련 연구는 2009년 여자만 새꼬막 생리적 변화와 계절별 에너지 수치 (Shin *et al.*, 2011), 2010년 가온 사육에 의한 새꼬막 성 성숙과 난 발생에 관한 연구가 있었다 (Jung *et al.*, 2010). 또한 2010년 민간배양장에서 새꼬막 인공종자를 국내에서 최초 생산한 사례가 있다 (New1, 2010). 그러나 새꼬막 인공종자생산 산업은 굴, 가리비와 같이 산업화로 연계되지 않았다. 새꼬막 인공종자의 산업화 지연원인은 초기 부유유생 및 어린 새꼬막의 대량폐사와 같은 기술적 한계와 자연채묘 종자 대량생산에 따른 가격경쟁력 우위를 확보하지 못하였기 때문이다 (NIFS, 2019).

새꼬막 종자는 자연채묘와 인공채묘 모두 그물망을 이용하여 채묘를 하고 있다. 자연채묘의 경우 새꼬막 채묘시기에 대표적인 채묘 경쟁생물 종뱀 (*Musculista senhousia*) 의 서식지 경쟁으로 채묘율이 낮아지는 문제가 발생할 뿐만 아니라 종뱀의 출현이 장기화되는 문제점도 보고되고 있다 (Kim *et al.*, 2019). 또한 새꼬막은 하절기 산란 품종으로 채묘시기에 태풍 등의 기상현상으로 채묘 종자가 탈락하거나, 채묘를 위한 그물망 시설이 파손되어 환경오염을 야기하는 문제점도 있다. 반면 새꼬막 인공종자는 실내생산으로 안정적인 종자공급이 가능하지만, 자연채묘와 같이 대량생산으로 경제성 확보에는 한계가

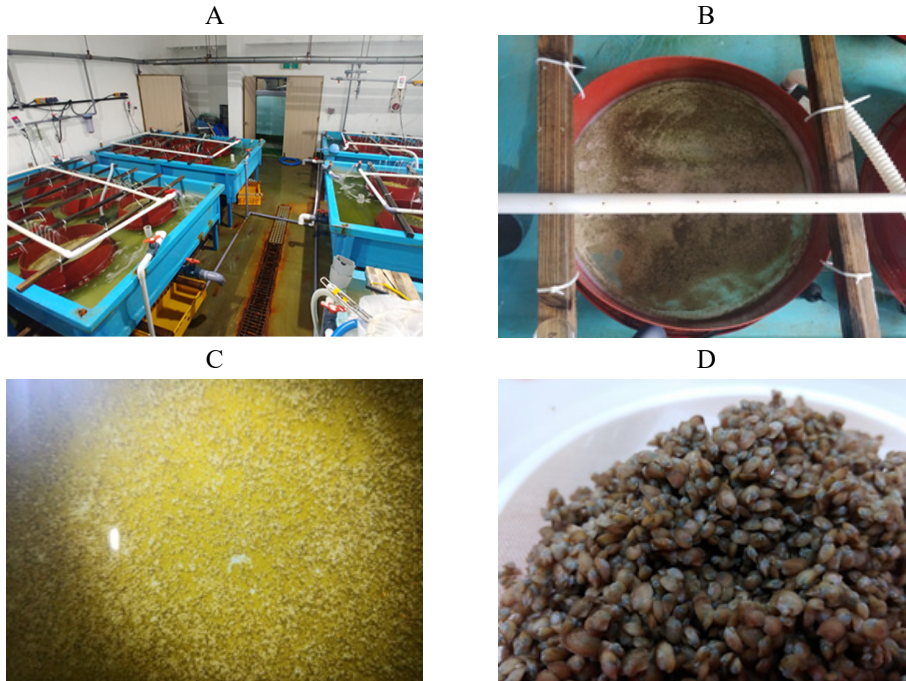
있다.

이 연구에서는 새꼬막 종자생산의 경제성과 안정적인 생산을 위한 채묘방법을 확인하고자 기존 채묘방법의 동일한 그물망을 이용한 채묘방법과 하향수류식 고밀도 채묘방법을 이용하여 채묘효과를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 새꼬막 유생사육

실험에 이용한 새꼬막 부착기 유생을 얻기 위해 사용된 새꼬막 어미는 남동해수산연구소 남해양식연구센터에 2019년 2월 25일에 입식하였고, 만 2년생으로 평균 각장  $34.5 \pm 2.1$  mm 크기의 성숙된 개체를 이용하였다. 2019년 6월 9일체 채란, 부화된 유생을 수온  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ , 염분  $32 \pm 2$ 로 조절된 수용적 40 톤 콘크리트 수조에서 먹이생물로 *Isochrysis galbana*, *Cheatocecos gracilis*, *Pavlova lutheri*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Nannochloris oculata*, *Tetraselmis tetraathele*를 각각 30% : 20% : 20% : 10% : 10% : 10%의 비율로 혼합하여 1일 3회 공급하면서 18일 동안 사육하였다. 부착기 유생은 망목 180  $\mu\text{m}$ 인 걸름망을 이용하여 선별된 평균 각장  $264.4 \pm 30.8$   $\mu\text{m}$ , 각고  $181.3 \pm 20.1$   $\mu\text{m}$  크기의 유생을 선별하여 그물망 인공채묘와 고밀도 인공채묘 비교 연구에 활용하였다.



**Fig. 2.** High-density remote induced setting. (A) Setting of ark shell in downwelling system, (B) Rearing post-set ark shell spat, (C) Rearing juvenile ark shell close-up image in non-substrate condition, (D) Spat output from setting experiments.

## 2. 그물망을 이용한 새꼬막 인공채묘

새꼬막 채묘는 대부분 그물망을 이용하여 채묘하고 있고, 인공종자생산 과정에서도 동일하게 사용하고 있다. 본 연구에서는 현장에서 사용 중인 Polyethylene재질 그물 (가로 0.9 m × 길이 90 m) 4개를 이용하여 채묘하였으며, 채묘수조 (수용적 15 톤) 는 Fig. 1에 표기한 순서로 시설하였다.

채묘기간 동안 사육관리는 부착기 유생 입식밀도 1마리/mL, 사육수온은 부착 전 26°C로 유지하였고, 부착이 완료되고 2주 후부터 1일 1°C 낮추어 자연수온으로 관리하였다. 환수는 부착기 유생이 수조 외부로 유실되지 않을 때, 초기 1일 환수량 30%에서 점차 증가시켜 부착이 완료된 후 1일 환수량을 매일 10-20% 증가시켰다. 먹이공급은 *Isochrysis* sp., *Chaetoceros* sp., *Pheodactylum* sp., *Tetraselmis* sp.를 혼합하여 최초  $1.5 \times 10^4$  cells/mL에서 성장함에 따라 증가시켰다.

## 3. 고밀도 시설을 이용한 새꼬막 인공채묘

고밀도 채묘는 하향수류식 채묘시스템을 이용하였고, FRP 사각 수조 (가로 1.5 m × 세로 3.0 m, 유효수심 30 cm) 에 채묘수조 (원형플라스틱 용기, 지름 58 cm, 높이 20 cm, 유효수용적 10 L) 6개를 시설하였고, 수중펌프 (300 W) 를 이용하여 채묘수조 상단부에 유수가 되도록 구성하였다. 하향수류

식 채묘시스템은 수조 상단부에서 주수가 지속적으로 공급 및 순환되는 구조적 특징을 채묘에 이용하였다. 채묘수조 바닥은 부착기 유생과 채묘기질이 유실되지 않도록 180  $\mu$ m 거름망을 부착하였고, 채묘기질은 미세폐각분말 (입자크기 300-400  $\mu$ m, Ovide sa France) 을 채묘수조에 600 mL를 넣고 채묘수조 바닥에 균일하게 깔았다 (Fig. 2). 채묘적정 수용밀도를 조사하기 위하여 부착기 유생을 30만 마리, 60만 마리 및 90만 마리를 채묘수조에 수용하여 3반복으로 조사하였다. 부착채묘기질 사용여부에 따른 효과를 조사하기 위하여 채묘수조에 300, 600 mL 및 무첨가 실험구로 조사하였다. 사육기간 동안 수온은 26°C로 조절하였고, 먹이는 *Isochrysis* sp., *Chaetoceros* sp., *Pheodactylum* sp., *Tetraselmis* sp.를 혼합하여 최초  $1.5 \times 10^4$  cells/mL에서 성장함에 따라 증가시켰다. 사육수는 초기 3일 동안 전체 수량의 30%만 환수를 실시하였고, 부착이 완료되었을 때 전체 환수로 1일 1회 실시하였다.

## 4. 채묘율 및 성장조사

채묘율 조사는 부착 1개월이 경과하였을 때 수용밀도와 생산된 개체수를 백분율로 조사하였다. 그물망 (PE어망) 을 이용한 채묘율 조사는 10 × 10 cm 격자를 이용하여 그물망 위치를 임의로 9개 지점을 설정하여 부착된 개체수를 육안으로 검경하였다. 고밀도 채묘의 채묘율 조사는 330  $\mu$ m 망목을 이용

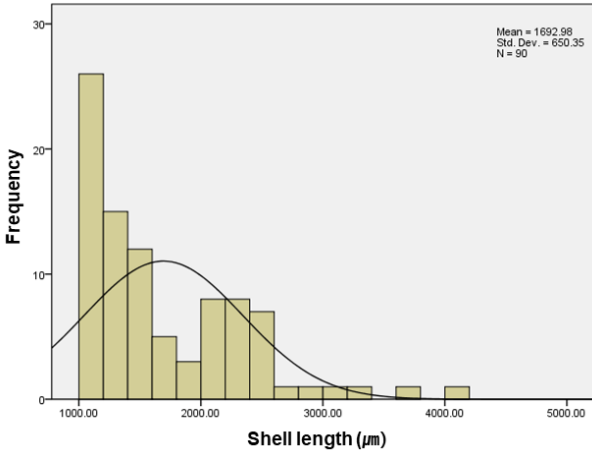


Fig. 3. Histogram of ark shell spat shell length from induced setting using net.

하여 부착기질을 제거한 후 각장 1.6 mm 이하, 1.6 mm 이상 및 2.5 mm 이하 3개 그룹으로 선별하였고, 각장 크기별 습증량 1 g 평균 개체수를 이용하여 채묘율을 조사하였다. 어린 새꼬막의 성장은 실체현미경을 이용하여 이미지 촬영 후 각장을 조사하였다.

$$\text{Setting rate (\%)} = \frac{\text{No. of spats}}{\text{Initial stock density}} \times 100$$

5. 통계처리

실험구간 채묘율에 대한 유의차 유무는 One-way ANOVA-test를 실시한 후, Duncan’s test로 평균간의 유의성 (P < 0.05) 을 SPSS 통계 프로그램을 사용하여 분석하였다.

결 과

1. 그물망을 이용한 인공채묘 및 성장

그물망을 이용한 새꼬막 인공채묘는 부착기 유생 입식 5일 후 부착하였고, 입식 1개월 후 치패 채묘밀도는 238.2 ±

73.5/0.1 m<sup>2</sup>였고, 채묘율 5.7%로 총 약 85만 마리가 생산되었다. 실험 종료 후 새꼬막 치패의 평균 각장은 1.6 ± 0.6 mm로, 각장 1.6 mm 이하가 전체 생산량의 58.3%, 각장 1.6-2.5 mm 는 31.9%, 각장 2.5 mm 이상은 8.8%로 나타났다 (Fig. 3).

2. 고밀도 시설을 이용한 인공채묘 및 성장

하향수류식을 이용한 새꼬막 채묘는 부착기 유생 입식 6일 후 부착이 완료되었다. 새꼬막 고밀도 인공채묘의 조건별 시험 결과를 Table 1에 표기하였고, 채묘율은 11.1-19.8%로 시험 조건별 유의한 차이가 있었다 (P < 0.05). 밀도별 시험의 채묘율은 부착기 유생 수용밀도 30만 마리 실험구가 19.8%로 가장 높게 나타났고, 유생 수용밀도 90만 마리 실험구가 11.1%로 가장 낮았다. 밀도가 높을수록 생산된 새꼬막 치패의 크기도 상대적으로 작은 것으로 조사되었다. 부착기질 실험구별 생산량은 부착기질이 없는 실험구 채묘율이 17.2%로 가장 높은 것으로 조사되어, 채묘수조에 부착기질의 양과 유무에 따른 영향도 있는 것으로 나타났다.

고밀도 채묘로 생산된 새꼬막 치패의 각장은 시험조건별 차이가 있었으며, Fig. 4에 표기하였다. 밀도별 시험조건에서 부착기 유생 30만 마리를 수용한 실험구 각장은 1.4 ± 0.4 mm였고, 60만 마리 실험구 각장은 1.2 ± 0.3 mm, 90만 마리를 수용한 실험구 각장은 1.1 ± 0.2 mm로 밀도가 높을수록 평균 각장은 작은 것으로 확인되었다. 부착기질의 영향을 확인할 결과, 미세패각분말 600 mL를 첨가한 실험구 각장은 1.2 ± 0.3 mm, 미세패각분말 300 mL를 첨가한 실험구 각장 1.3 ± 0.2 mm, 부착기질이 없는 실험구는 1.4 ± 0.4 mm로 부착기질 유무에 따른 영향이 나타났다. 빈도분석으로 유생 수용밀도, 부착기질에 따른 영향을 확인한 결과, 상대적으로 부착기질이 없는 실험구가 성장분포가 넓게 확인되었고, 부착기질이 있는 실험구는 상대적으로 성장분포가 좁은 형태를 나타내었다 (Fig. 4).

새꼬막 고밀도 인공채묘에서 유생 입식밀도가 높을수록 채묘율이 낮아지는 문제점과 작은 개체가 많이 생산되는 특징이

Table 1. Results of ark shell yield using downwelling system

Clutch volume per aquarium (mL)	Stock density (10 <sup>4</sup> × inds.)	Production (inds.)			Total yield (inds.)	Setting rate (%)
		Under 1.6 mm	Over 1.6 mm	Under 2.5 mm		
Microcultch-600	30	43,065	13,371	3,081	59,517	19.8
	60	69,600	10,794	2,321	82,715	13.8
	90	93,525	5,236	1,456	100,217	11.1
Microcultch-300	60	70,905	11,760	1,962	84,628	14.1
Non substrate	60	87,870	13,452	2,237	103,558	17.2

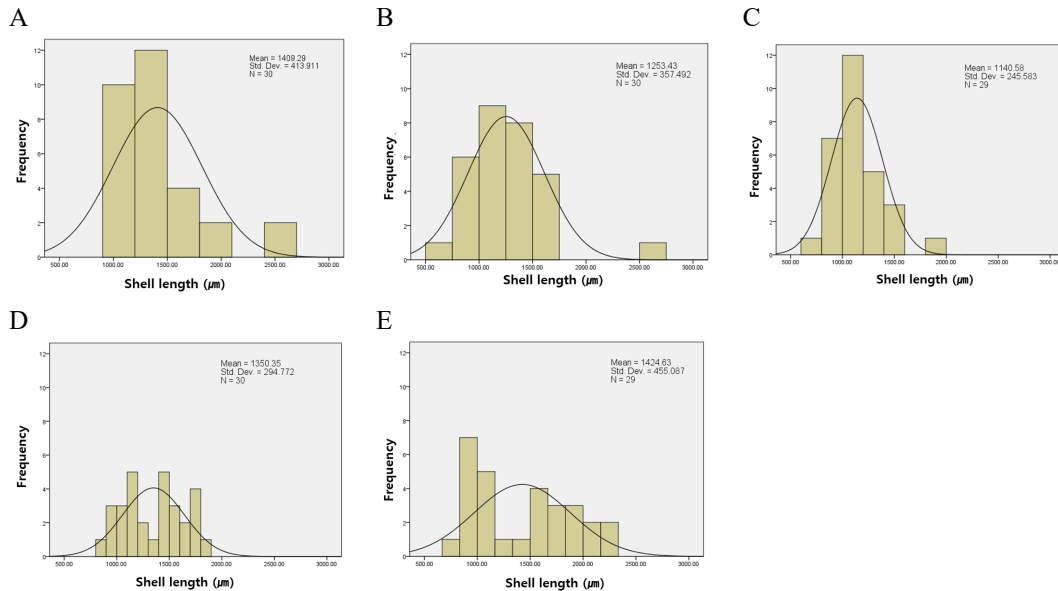


Fig. 4. Comparison of spat shell length under different experiment condition. **A**, Stock density- $30 \times 10^4$  larvae; **B**, Stock density- $60 \times 10^4$  larvae; **C**, Stock density- $90 \times 10^4$  larvae; **D**, Microcultch 300 mL; **E**, Non substrate.

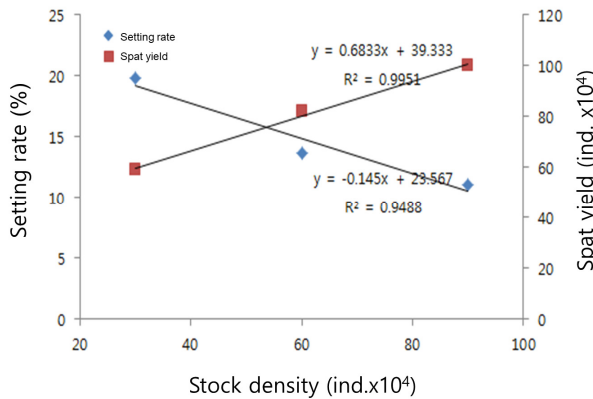


Fig. 5. Correction of Stock density, setting rate and spat yield.

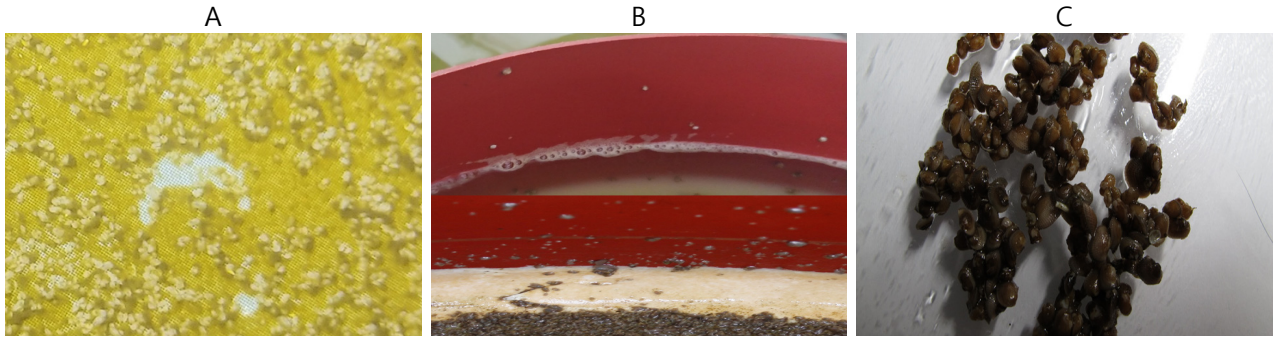
확인되었다. 반면 유생 입식밀도가 낮을수록 채묘율이 높아 유생 입식밀도와 채묘율의 반비례 관계가 확인되었다 (Fig. 5). 따라서 부착기 유생 입식밀도와 채묘율의 관계를 조사한 결과 Fig. 5에 표기한 바와 같이 약 50만 마리를 수용하였을 때 적절한 채묘율과 생산성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

### 고 찰

패류의 부착기 유생은 부유 생활동안 서식지 전환을 위한 조직기관 발달준비를 완료하고 (Sigurdsson *et al.*, 1976; Lane *et al.*, 1985; Carton *et al.*, 2007), 이 시기는 외부자극에 민감할 뿐만 아니라 대량폐사가 주로 발생하는 시기이다

(Yamamoto, 1964; Park *et al.*, 2000). 따라서 인공종자 생산과정에서 부착기 유생의 안정적인 변태와 부착을 유도할 수 있는 방법을 도입하는 것이 중요하다 (Laing, 1995). 이 연구에서 새꼬막 부착기 유생을 이용하여 채묘방법을 달리하여 채묘한 결과, 채묘율은 그물망을 이용한 채묘는 5.7%였고, 하향수류식 고밀도 채묘 실험군은 11.1-19.8%로 상당한 차이가 있었다. 자연채묘의 경우 채묘밀도가 5,000 마리/m<sup>2</sup> (JLNDOFSI, 2021) 로 본 연구의 그물망 채묘밀도가 2,382 마리/m<sup>2</sup> 그리고 하향수류식 고밀도 방식에서 평균 채묘밀도 425,349 마리/m<sup>2</sup> 를 보여 하향수류식 고밀도 채묘방법이 자연채묘 대비 채묘밀도가 85배 높았다. 하향수류식 고밀도 채묘방법은 자연채묘, 그물망 채묘방법과 달리 유생의 이동을 제한하고, 지속적인 수류 흐름을 유지하여 부착기질 탐색과 착저에 유리하게 작용한 것으로 보인다. 홍합류의 부착기 유생은 유속 11.0-16.6 cm/s 의 조건과 지속적인 수류 흐름이 채묘율을 증가시키는 것으로 보고한 바 있고 (Emmerson and Grant, 1991; Rankin *et al.*, 1994; Commito *et al.*, 1995; Roegner *et al.*, 1995; Hunt, 2004; Hunt 2005; Jennings and Hunt, 2009; Galley, 2014), 가리비류의 경우 주수량이 시간당 2.8-8.3 L 의 조건에서 효율적인 채묘에 대한 연구 (Robert and Nicolas, 2000) 를 고려하였을 때 하향수류식 채묘에서 높은 채묘율과 관계되는 것으로 판단된다.

새꼬막은 저서무척추동물 (Benthic invertebrates) 로 부유유생이 변태과정을 통해 부착기질에 착저하게 되고, 이 시기를 제 2 분산기 (Secondary dispersal phase) 로 정의하고



**Fig. 6.** Ark shell early spat reared in High-density setting system. **A,** Close-up photo of early spat; **B,** Spat self-controle for density; **C,** Spat clumped by byssus threads.

있다. 제 2 분산기는 저서생물의 수평분포와 수직분포에 관여하고 (Lundquist *et al.*, 2004), 제 2 분산기에 관여하는 요소로 수심 (Tamaki, 1987; Levinton *et al.*, 1995; Blackmon and Eggleston, 2001), 밀도 (Levinton, 1979), 서식지 선호도 (Olivier *et al.*, 1996; Hedvall *et al.*, 1998; Moksnes, 2002; Hunt and Mullineaux, 2002) 등이 있다. 제 2 분산기는 현재까지 명확한 원인을 규정하지 못하나, 선호하는 부착기질이 없을 경우 탈락과 부착을 반복하는 것으로 보고된 사례가 있다 (Roper *et al.*, 1995; Baker and Mann, 1997; Lundquist *et al.*, 2004). 이 연구에서도 보고된 사례와 같이 채묘 초기에 탈락과 부착을 반복하는 것을 확인하였다 (Fig. 6-A). 또한 채묘밀도가 높은 경우 치폐 중 일부개체가 밀도 조절 (Self-thinning, Fig. 6-B) 을 위해 서식지 이동을 하는 것으로 확인되었다 (Okamura, 1986). 고밀도 인공채묘로 생산된 치폐는 족사선으로 서로를 고정하여 덩어리 형태로 채묘되었다 (Fig. 6-C). 하향수류식 채묘방법의 부착기질 영향은 채묘수조에 미첨가 실험구가 평균 각장  $1.4 \pm 0.4$  mm, 부착기질 300 mL 첨가 실험구가 평균 각장  $1.3 \pm 0.2$ mm, 부착기질 600 mL 첨가 실험구가 평균 각장  $1.2 \pm 0.3$  mm였다. 채묘율은 미첨가 실험구 17.2%, 300 mL 첨가 실험구 14.1%, 600 mL 첨가 실험구 13.8%로 나타나 평균 각장과 채묘율은 부착기질이 없는 채묘조건이 가장 효과적이었다. Fig. 6-A에 나타난 것과 같이 채묘수조 바닥에 미생물 덩어리 (detritus) 가 축분하여 새꼬막 치폐에 미세조류 공급 이외 추가 먹이원으로 활용한 것으로 추정되고 (Devakie, 2002), 부착기질 무첨가 실험구가 평균 각장이 가장 큰 것과 관계있는 것으로 추정된다. 또한 그물망 채묘방법의 잦은 탈락, 재부착은 부착기 유생과 초기 치폐의 급격한 환경변화 스트레스로 작용하여 하향수류식 채묘방법 보다 낮은 채묘율로 나타나는 것으로 보여진다. 또한 부착기질 재질은 천연상태의 물질이 가장 효과적인 채묘율을 나타내는 것으로 보고된 바 있다 (Dare and Davies, 1975; Trulear and Characklis, 1982; Spencer, 2002).

특히 Polyethylene (PE) 계열은 채묘에 적합하지 않은 재질로 알려져 있고 (Brenner and Buck, 2010), 현재 그물채묘 방법은 대부분 PE 그물망을 이용하고 있어 향후 Nylon계열의 재질로 변경 후 채묘 효과 분석이 필요할 것으로 보여진다.

하향수류식 고밀도 방식 채묘수조 바다 걸름망도 PE재질이 나, 구조특성상 유생이 걸음망 안에 머무는 구조로 되어 있어 재질에서 오는 문제점은 최소화 된 것으로 판단된다.

새꼬막 인공종자의 채묘방법별 시험결과 자연채묘 대비 하향수류식 채묘방법은 단위면적당 85배 높은 생산이 가능함을 확인하였고, 새꼬막 인공종자의 고밀도 생산이 가능할 것으로 판단된다. Fig. 5에 표기한 밀도와 생산량의 상관관계를 고려하였을 때 1개 채묘수조 (수용적 10 L) 에 50만 마리의 부착기 유생을 수용하는 것이 효과적인 것으로 판단된다. 하향수류식에서 1개월간 새꼬막 치폐 사육은 상대적으로 작은 개체들이 생산되는 점은 향후 개선의 필요성이 있다. 새꼬막 인공종자의 고밀도 생산은 충분한 가능성이 있으나, 초기 치폐 생산 이후 중간양성장에서 대량양성을 한다면 더 효과적인 새꼬막 인공종자생산 방법으로 활용가능 할 것으로 기대된다.

## 요 약

본 연구는 경제성 있는 새꼬막 인공종자생산에 관한 연구로 채묘방법에 따른 효과를 검증하고자 하였다. 새꼬막 인공종자의 채묘방법에 따른 채묘율은 기존 그물망 채묘방법이 5.7%, 하향수류식 채묘시스템을 이용한 채묘방법이 11.1-19.8%로 채묘방법에 따른 차이가 확인되었다. 하향수류식 채묘시스템에서 밀도에 대한 영향을 조사한 결과, 부착기 유생 30만 마리를 수용한 실험구 채묘율이 19.8%, 부착기 유생 90만을 수용한 실험구 채묘율 11.1%로 밀도가 상대적으로 높은 실험구는 채묘율도 낮았다. 하향수류식 채묘시스템에서 부착기질 영향은 부착기질이 없는 실험구 채묘율이 17.2%, 부착기질 300 mL를 첨가한 실험구 14.1%, 부착기질 600 mL를 첨가한 실험구

13.8%로 부착기질이 없는 조건에서 효과적인 채묘가 되었다. 새꼬막 인공종자의 채묘방법별 시험결과 자연채묘 대비 하향 수류식 채묘방법은 단위면적당 85배 높은 생산이 가능하였고, 새꼬막 인공종자의 고밀도 생산이 가능할 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문은 국립수산물과학원 수산과학연구소사업 (R2022005, R2009006) 의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Baker, P. and Mann, R. (1997) The postlarval phase of bivalve mollusks: a review of functional ecology and new records of postlarval drifting of Chesapeake Bay bivalves. *Bulletin of Marine Science*, **61**: 409-430.
- Blackmon, D. C. and Eggleston, D. B. (2001) Factors influencing planktonic, post-settlement dispersal of early juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus* Rathbun). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **257**: 183-203.
- Brenner, M. and Buck, B. H. (2010) Attachment properties of blue mussel (*Mytilus edulis* L.) byssus threads on culture-based artificial collector substrates. *Aquacultural Engineering*, **42**: 128-139.
- Carton, A. G., Jeffs, A. G., Foote, G., Palmer, H. and Bilton, J. (2007) Evaluation of methods for assessing the retention of seed mussels (*Perna canaliculus*) prior to seeding for grow-out. *Aquaculture*, **262**: 521-527.
- Commito, J. A., Currier, C. A., Kane, L. R., Reinsel, K. A. and Ulm, I. M. (1995) Dispersal dynamics of the bivalve *Gemma gemma* in a patchy environment. *Ecological Monographs*, **65**: 1-20.
- Dare, P. J. and Davies, G. (1975) Experimental suspended culture of mussels (*Mytilus edulis* L.) in Wales using spat transplanted from a distant settlement ground. *Aquaculture*, **6**: 257-274.
- Devakie, M. N. and Ali, A. B. (2002) Effective use of plastic sheet as substrate in enhancing tropical oyster (*Crassostrea iredalei* Faustino) larvae settlement in the hatchery. *Aquaculture*, **212**: 277-287.
- Emerson, C. W. and Grant, J. (1991) The control of soft-shelled clam (*Mya arenaria*) recruitment on intertidal sandflats by bedload sediment transport. *Limnology Oceanography*, **36**: 1288-1300.
- Galley, T. (2014) Induction of metamorphosis and seed attachment in hatchery production of the king scallop *Pecten maximus* (L.) and the blue mussel *Mytilus edulis* (L.) *Ph.D. Thesis*, Bangor University school of ocean science, Wales, UK.
- Hedvall, O., Moksnes, P. O. and Pihl, L. (1998) Active habitat selection by megalopae and juvenile shore crabs *Carcinus maenas*: a laboratory study in an annular flume. *Hydrobiologia*, **375/376**: 89-100.
- Hunt, H. L. (2004) Transport of juvenile clams: effects of clam species and sediment grain size. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **312**: 271-284.
- Hunt, H. L. (2005) Effects of sediment source and flow regime on clam and sediment transport. *Marine Ecology Progress Series*, **296**: 143-153.
- Hunt, H. L. and Mullineaux, L. S. (2002) The role of predation and postlarval transport in recruitment of the soft shell clam (*Mya arenaria*). *Limnology and Oceanography*, **47**: 151-164.
- Jennings, L. B. and Hunt, H. L. (2009) Distances of dispersal of juvenile bivalves (*Mya arenaria* (Linnaeus), *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus), *Gemma gemma* (Totten)). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **376**: 76-84.
- Jeollanam-do Ocean & Fisheries Science Institute. (2020) "Development of Ark shell spat collector mechanization at Deungnyang bay" Jeollanam-do Ocean & Fisheries Science Institute, Annual report.
- Jung, C. K., Oh, B. S., Kim, B. S., Kim, T. I. and Jin, Y. G. (2010) Effect of heating on the sex maturation and egg development of the ark shell, *Scapharca subcrenata*. *Korean J. Malacol.*, **26**: 201-209.
- Kim, H. J., Kang, J. S., Jung, S. W. and Park, Y. J. (2019) Changes in planktonic bivalve larvae of *Tegillarca granosa* and *Anadara kagoshimensis* in the Boseong coastal waters of South Korea. *Korean J. Environ. Biol.*, **37**: 351-361.
- KOSIS. (2022) Statistic database for fisheries production. Retrieved from [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT\\_1EW0005&conn\\_path=I3](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EW0005&conn_path=I3) on June 7
- Laing, I. (1995) Effect of food supply on syster spat fall. *Aquaculture*, **131**: 315-324.
- Lane, D. J. W., Beaumont, A. R. and Hunter, J. R. (1985) Byssus drifting and the drifting threads of the young post-larval mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, **84**: 301-308.
- Levinton, J. S. (1979) The effect of density upon deposit-feeding populations: movement, feeding and floating of *Hydrobia ventrosa* Montagu (Gastropoda: Prosobranchia). *Oecologia*, **43**: 27-39.
- Levinton, J. S., Martínez, D. E., McCartney, M. M. and Judge, M. L. (1995) The effect of water flow on movement, burrowing, and distributions of the gastropod *Ilyanassa obsoleta* in a tidal creek. *Marine Biology*, **122**: 417-424.
- Lim, J. Y. and Hur, Y. B. (2010) Development of artificial seed production technology of ark shell, *Scapharca subcrenata*. *Korea J. Fish Aqua. Sci.*, **43**: 223-230.
- Lundquist, C. J., Pilditch, C. A. and Cummings, V. J. (2004) Behaviour controls post-settlement dispersal by the juvenile bivalves *Austrovenus stutchburyi* and *Macomona liliana*. *Journal of Experimental Marine*

- Biology and Ecology*, **306**: 51-74.
- Moksnes, P. O. (2002) The relative importance of habitat-specific settlement, predation and juvenile dispersal for distribution and abundance of young juvenile shore crabs *Carcinus maenas* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **271**: 41-73.
- News1. (2015) "The first time of in korea, Artificial seed production of ark shell as commercial scale" News1, 2010.11.19. Retrieved from <https://n.news.naver.com/mnews/article/001/0004774725?sid=102>
- NIFS. (2019) Development of artificial seed production technology of ark shell, *Scapharca subcrenata*. Annual report, 7pp.
- NIFS. (2020) Development of artificial seed production technology of ark shell, *Scapharca subcrenata*. Final report, 8pp.
- Okamura, B. (1986) Group living and the effects of spatial position in aggregations of *Mytilus edulis*. *Oecologia*, **69**: 341-347.
- Olivier, F., Desroy, N. and Retière, C. (1996) Habitat selection and adult-recruit interactions in *Pectinaria koreni* (Malmgren) (Annelida: Polychaeta) post-larval populations: results of flume experiments. *Journal of Sea Research*, **36**: 217-226.
- Park, Y. J., Rho, S. and Lee, J. Y. (2000) Intermediate culture of the scallop, *Patinopecten yessoensis* in the East coast of Korea. *J. of Aquaculture*, **13**: 339-351.
- Rankin, K. L., Mullineaux, L. S. and Geyer, W. R. (1994) Transport of juvenile gem clams (*Gemma gemma*) in a headland wake. *Estuaries*, **17**: 655-667.
- Robert, R. and Nicolas, L. (2000) The effect of seawater flow and temperature on metamorphosis and postlarval development in great scallop. *Aquaculture International*, **8**: 513-530.
- Roegner, C., André, C., Lindegarth, M., Eckman, J. E. and Grant, J. (1995) Transport of recently settled soft-shelled clams (*Mya arenaria* L.) in laboratory flume flow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **187**: 13-26.
- Roper, D. S., Nipper, M. G., Hickey C. W., Martin, M. L. and Weatherhead, M. A. (1995) Burial, crawling and drifting behaviour of the bivalve *Macomona liliana* in response to common sediment contaminants. *Marine Pollution Bulletin*, **31**: 471-478.
- Shin, Y. K., Lee, W. C., Kim, S. Y., Jun, J. C. and Kim, E. O. (2011) Variation in physiological energetics of blood cockle *Scapharca subcrenata* (Bivalvia: Arcidae) from Yeosu bay, South coast of Korea. *Korean J. Malacol.*, **27**: 205-211.
- Sigurdsson, J. B., Titman, C. W. and Davies, P. A. (1976). The dispersal of young post-larval bivalve molluscs by byssus threads. *Nature*, **262**: 386-387.
- Spencer, B. E. (2002) Molluscan shellfish farming. Oxford: Blackwell Science.
- Tamaki, A. (1987) Comparison of resistivity to transport by wave action in several polychaete species on an intertidal sand flat. *Marine Ecology Progress Series*, **37**: 181-189.
- Trulear, M. G. and Characklis, W. G. (1982) Dynamics of biofilm processes. *Water Pollution Control Federation*, **54**: 1288-1301.
- Yamamoto, G. (1964) Scallop culture in Mutsu bay. Suisan Zoyoshoku Sosho. Tokyo, 6, 77pp
- Yasuo, N. and Yumi, S. (2007) Suspension feeding and growth of ark shell *Anadara granosa*: comparison with ubiquitous species *Scapharca subcrenata*. *Fisheries science*, **73**: 889-896.