

# 남해안 개체굴의 서해안 이동양성 기술개발을 위한 입식 시기 및 조위 조건 탐색

조영관<sup>1</sup>, 이희중<sup>2</sup>, 안현미<sup>1</sup>, 김유철<sup>1</sup>, 허영백<sup>2</sup>, 정희도<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립수산과학원 기후환경연구부 갯벌연구센터, <sup>2</sup>국립수산과학원 남동해수산연구소

## An optimal timing and location for developing translocation culture method of a single shell oyster from southern to western coast

Young-Ghan Cho<sup>1</sup>, Hee-Jung Lee<sup>2</sup>, Hyun-Mi Ahn<sup>1</sup>, Yu-Cheol Kim<sup>1</sup>, Young-Beak Hur<sup>2</sup>  
and Hee-Do Jeung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tidal Flat Research Center, National Institute of Fisheries Science (NIFS), Gunsan 54001, Korea

<sup>2</sup>South East Sea Fisheries Research Institute, NIFS, Tongyeong 32762, Korea

### ABSTRACT

With fast growth and a higher meat quality, a triploid cultchless single shell oyster has become a one of major source of the world oyster production. In South Korea where most of the Pacific oyster productions are based on long-line suspended diploid oysters, there are growing demands on a high-quality and more profitable oysters. When compared to the suspended diploid oysters on the south coast, individuals reared in tidal flats on the west coast shows greater performance in terms of a shell thickness, strength, and taste. Hence, we tested for the translocation of a triploid cultchless single shell oyster from Tongyeong on south coast to Boryeong on the west coast in order to determine the optimal timing and location of transplantation. As a result, the oysters translocated in April showed the lowest cumulative mortality when compared to the oysters translocated in June and September, indicating that the spring is the optimal timing of location due possibly to the highest primary productivity in the intertidal zone throughout the year. In addition, the oysters reared in the lower intertidal zone was more favorable than in the upper intertidal zone in terms of tissue dry weight and condition index. Considering that the oysters tissue weight in the lower intertidal zone peaked in August and decreased from September due to the high summer temperature, it is suggested that translocation should be carried out in April and harvested during August to maximize the yield.

**Keywords:** Pacific oyster; Triploid single shell oyster; Translocation; Growth performance; Mortality

### 서 론

전 세계 굴 생산량은 양식생산기술 발달을 계기로 1990년  
대 이후 급격히 증가하여 2021년 기준 연간 666만여 톤을 기

록하였다. 특히, 굴은 전 세계 어패류 양식 생산량 중 약  
32.3%를 차지하는 중요한 양식 품종으로 자리매김하고있다  
(FAO, 2023). 전 세계 굴 생산량 급증은 연승수하식 양성법  
도입과 인공종묘 대량배양기술의 발달이 주요인으로 꼽히고  
있으며 (Choi, 2008; Botta *et al.*, 2020), 3배체 개체굴 도입  
은 빠른 성장, 높은 생존률 및 질병 저항성 등 (Guo *et al.*,  
1996; Yang *et al.*, 2018; Wadsworth *et al.*, 2019;  
Brianik and Allam, 2023) 의 강점을 앞세워 굴의 생산성  
증대와 상품성 강화효과를 창출하고 있다. 실제로 프랑스에서  
는 연간 생산되는 굴 인공종묘의 90% 가량이 3배체 개체굴로  
생산되고 있으며 (Dégremont *et al.*, 2010), 그 결과 프랑스  
에서 생산된 굴은 단위 무게당 생산금액이 전 세계에서 가장  
높은 것으로 알려져 있다 (Cho *et al.*, 2021). 특히 프랑스 개

Received: March 15, 2024; Revised: March 19, 2024;  
Accepted: March 28, 2024

Corresponding author: Hee-Do Jeung

Tel: +82 (63) 472-8604, e-mail: hdjeung83@Korea.kr  
1225-3480/24861

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.

체굴 양식생산자들은 생산된 굴 품질의 향상을 위해 출하 직전, 염전 부지 내 'Claire'로 불리는 플랑크톤 물웅덩이에서 굴을 양성한다 (Audemard *et al.*, 2001; Buestel *et al.*, 2009). Claire에서 이동 양성된 개체굴은 양질의 플랑크톤으로 인해 나타나는 독특한 풍미와 색채가 특징이며, 일반 개체굴보다 높은 가격이 거래가 되고 있다 (Audemard *et al.*, 2001). 이러한 관점에서 우리나라 남해안에서 양성된 개체굴의 빠른 성장 및 대량생산 체계와 서해안에서의 풍미 증가 특성을 접목한 이동양성은 국내 개체굴 경쟁력 강화를 위한 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

우리나라의 참굴 (Pacific oyster, *Crassostrea gigas*) 양식산업은 1970년대 남해안 통영 일대를 중심으로 연승수하식 양식이 본격화하면서 대량생산 체계로 전환되었으며, 최근 5년간 연간 30만여 톤에서 35만여 톤 사이의 참굴이 생산되고 있다 (KOSIS, 2023). 반면, 서해안 굴 생산량은 2004년 최대 3만1백여 톤 생산되었던 것이 2007년 Hebei sprit 유류유출 사고 후 감소하여 2022년에는 1만2천여 톤의 굴만이 생산되고 있다 (KOSIS, 2023). 또한 우리나라 수하식 굴 수출량은 2000년 2만8천여 톤으로 수출금액은 1억5천만 달러에 달하였으나, 2022년 수출량은 9천8백여 톤, 수출금액은 7천9백만 달러로 현저히 감소하였다 (KATI, 2023). 이에 따라 해양수산부는 2023년 국가수출전략회의에서 수산식품 고부가가치화 전략의 일환으로 개체굴 양식생산에 대한 지원을 강화하는 방향성을 제시하는 등, 국내 생산 굴의 국제경쟁력 향상을 위한 방안이 요구되고 있는 실정이다.

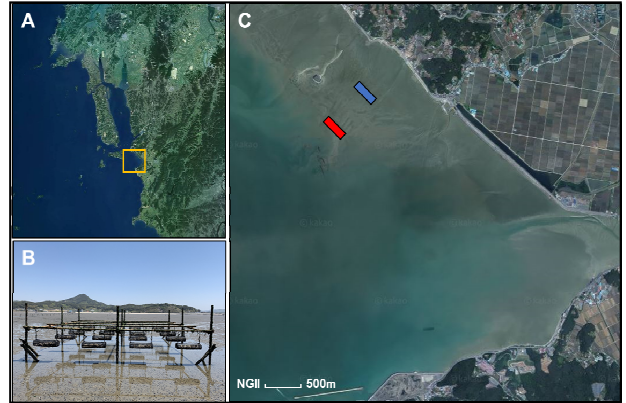
우리나라에서 개체굴은 서해 및 남해 일부 지역에서 2배체와 3배체를 활용하여 소량으로 생산되고 있으나, 굴 산업 전반에 걸쳐 보편화되기까지는 선결과제가 남아있는 상황이며, 특히 남해에서 수하식으로 생산된 개체굴은 얇은 패각과 공기 중 노출에 취약한 점이 수출 시 단점으로 지적되고 있다. 따라서 이 연구에서는 서해안 굴 양식 산업의 활성화 및 생산량 증대 방안을 모색하고, 더 나아가 수출 시 단점을 보완하는 방안을 마련하기 위해, 남해안의 개체굴을 서해안으로 이동하여 양식하는 이동양식 기술개발에 있어 가장 기초적인 이동 시기와 적정 양성 조위를 조사하고자 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 입식 시기별 이동양성 개체굴의 생존 특성

#### 1) 시료 확보 및 이동양성 시설

개체굴 이동양성의 최적 입식 시기 판정을 위해, 시기별 (4월, 6월, 9월) 로 남해안 (통영) 에서 덩이수하식 개체화굴 혹은 수하망 (채룡) 식으로 약 1년 양성된 개체굴 (3배체, 각고 (Shell height) 7-15 cm, 전중량 30-200 g) 을 서해안 (보령)



**Fig. 1.** Maps showing the transplanted area on the west coast (A) in which a triploid cultchless single shell oysters from Tongyeong were translocated and reared in the hanging cage (B). The red and blue box on the map indicate the lower and upper intertidal area (C), respectively.

시험양식장에 옮겨와 생존 특성을 조사하였다 (Fig. 1A). 시험양식장은 2018년 3월 충남 보령시 주교면 연안에서 직선거리 0.6 km에 위치한 갯벌 조간대에 조성 (Fig. 1C) 하였으며, 양성시설은 플라스틱 육각망 (AP6, Australia) 이 지면으로부터 약 1 m 높이에 수평으로 위치하도록 제작된 수평매달림식 양식 시설을 설치하였다 (Fig. 1B). 시기별 이동양성을 위한 개체굴 시료는 2018년 4월에 15,000개체, 6월에 10,000개체, 9월에 5,000개체를 남해안에서 구입하여, 양성망 (플라스틱 육각망) 당 80-90개체를 수용하여 수평매달림식 시설에 각각 180망, 120망, 60망을 매달아 실험에 사용하였다.

### 2) 입식 시기별 개체굴의 폐사율 및 생체측정학적 특성 변화

개체굴의 패각 및 중량 성장과 폐사율 분석을 위해 각 실험구별로 매월 5-7개의 양성망을 수거하여 생존 개체와 폐사 개체 수를 기록하였으며, 생존 개체 일부는 연구실로 옮겨와 각고 (shell height), 각장 (shell length), 패각 포함 전중량, 개각 후 육중량을 측정하였다. 개체굴의 비만도는 조직 건 중량과 패각 내 부피 (shell cavity volume) 의 비로 산정하였다 (Lawrence, 1982). 누적폐사율은 실험종료시점까지 매월 폐사율 확인을 위해 분석된 개체 수 중 폐사개체 수의 비율로 산정하였으며, 연구에서 도출된 모든 측정 및 산정 값은 평균 ± 표준오차 (SE, standard error)로 표현하였다.

### 2. 조위별 이동양성 개체굴의 생존 특성

#### 1) 시료 확보 및 이동양성 시설

이동양성 개체굴의 최적 입식 위치 선정을 위해, 충남 보령 주교면 해역의 갯벌 조간대 상부와 하부에 수평매달림식 시설을 설치하여 조위별 생존 특성 조사를 실시하였다. 조간대 상

부 (간조시 노출시간 4-6시간) 의 수평매달림 시설은 최적 입식 시기 전정을 위해 2018년 설치하였던 시설을 활용하였으며, 조간대 하부의 수평매달림 시설은 2019년 2월 연안에서 직선거리 1 km (노출시간 2-3시간) 지점에 설치하였다. 조위별 이동양성 개체굴의 생존특성 연구를 위한 개체굴 시료는 남해안 (통영) 에서 수하망 (채룡) 식으로 약 1년 양성된 개체굴 (3배체, 각고 8-15 cm, 전중량 50-180 g) 을 2019년 4월 서해안 (보령 주교면) 시험양식장에 옮겨와 생존특성을 조사하였다. 조위별 시험양식에 사용된 개체굴은 조간대 상부와 하부에 각각 11,000개체씩 수용하였는데, 이때 양성망 당 80-90개체씩 수용하여 상부 180망과 하부 180망을 수평으로 매달아 생존 특성 조사에 이용하였다.

**2) 조위별 개체굴의 폐사율 및 생체측정학적 특성 변화**

개체굴의 월별 성장, 비만도 및 폐사율은 입식 시기별 이동양성 개체굴의 생존 특성 연구 (재료 및 방법 2.2 세션 참조) 와 동일한 방법으로 분석하였다.

**3. 통계**

입식시기 (4, 6, 9월) 및 조위 (조간대 상부, 하부) 에 따른 개체굴 패각 중량, 조직 건 중량, 비만도의 월간 비교는 일원 배치 분산분석 (one-way analysis of variance, ANOVA) 을 통해 수행하였다. 모든 비교 집단은 Levene's test로 분산의 동질성을 검증하였으며, 대부분 집단이 등분산을 만족하지 않아 Games-Howell 사후검증을 통해 월간 차이를 분석하였다. 통계분석은 SPSS ver.21.0 (IBM, USA) 를 활용하였으며, 결과 값은 95% 신뢰구간에서 유의한 것으로 판단하였다.

**결 과**

**1. 이동양성 입식 시기 선정**

2018년 4월에 입식된 개체굴의 각고는 4월 평균 112.9 ± 2.5 mm에서 11월 평균 114.7 ± 1.6 mm로 소폭 증가하였으며, 6월과 9월에 입식된 개체굴의 평균 각고 증가 폭은 각각 4.9 mm, 7.2 mm로 나타났다 (Table 1). 패각 외형의 변화를 추정할 수 있는 각고 대 각장 비 및 이를 활용한 외형 등급 (Cho *et al.*, 2021) 을 분석한 결과, 모든 실험구의 월별 각고 대 각장 비 변화는 미미하였으며 (Fig. 2A), 입식 초기의

**Table 1.** Monthly mean oyster shell dimensions and the frequency distribution of the oyster shell grades according to timing of transplantation. The oyster shells grades were determined based on the grading system suggested by Department of Agriculture, Aquaculture and Fisheries in New Brunswick, Canada. *N*, number of analyzed oysters; SH, shell height; SL, shell length; SE, standard error

Sampling Month	Transplanted Month	N	SH ± SE	Oyster Shell Grades (SH:SL) Frequency (%)			
				Fancy (< 1.50)	Choice (1.50-1.75)	Standard (1.75-2.00)	Commercial (> 2.00)
Apr	Apr	60	112.9 ± 2.5	3.3	15.0	26.7	55.0
May	Apr	48	108.3 ± 2.7	4.2	16.7	27.1	52.1
Jun	Apr	60	100.0 ± 2.5	6.7	6.7	18.3	68.3
	Jun	100	102.1 ± 1.5	8.0	32.0	28.0	32.0
Jul	Apr	60	105.4 ± 2.2	1.7	8.3	21.7	68.3
	Jun	60	101.6 ± 1.7	11.7	31.7	35.0	21.7
Aug	Apr	60	103.7 ± 2.0	5.0	11.7	16.7	66.7
	Jun	60	102.7 ± 1.2	11.7	26.7	38.3	23.3
Sep	Apr	30	115.4 ± 2.0	0.0	10.0	33.3	56.7
	Jun	30	109.4 ± 1.9	3.3	33.3	33.3	30.0
	Sep	30	121.5 ± 2.3	0.0	13.3	40.0	46.7
Oct	Apr	30	108.2 ± 2.0	3.3	16.7	46.7	33.3
	Jun	30	107.1 ± 1.6	0.0	33.3	33.3	33.3
	Sep	30	125.4 ± 2.6	3.3	16.7	33.3	46.7
Nov	Apr	30	114.7 ± 1.6	3.3	10.0	40.0	46.7
	Jun	20	107.0 ± 2.6	10.0	35.0	35.0	20.0
	Sep	30	128.7 ± 2.8	3.3	6.7	26.7	63.3

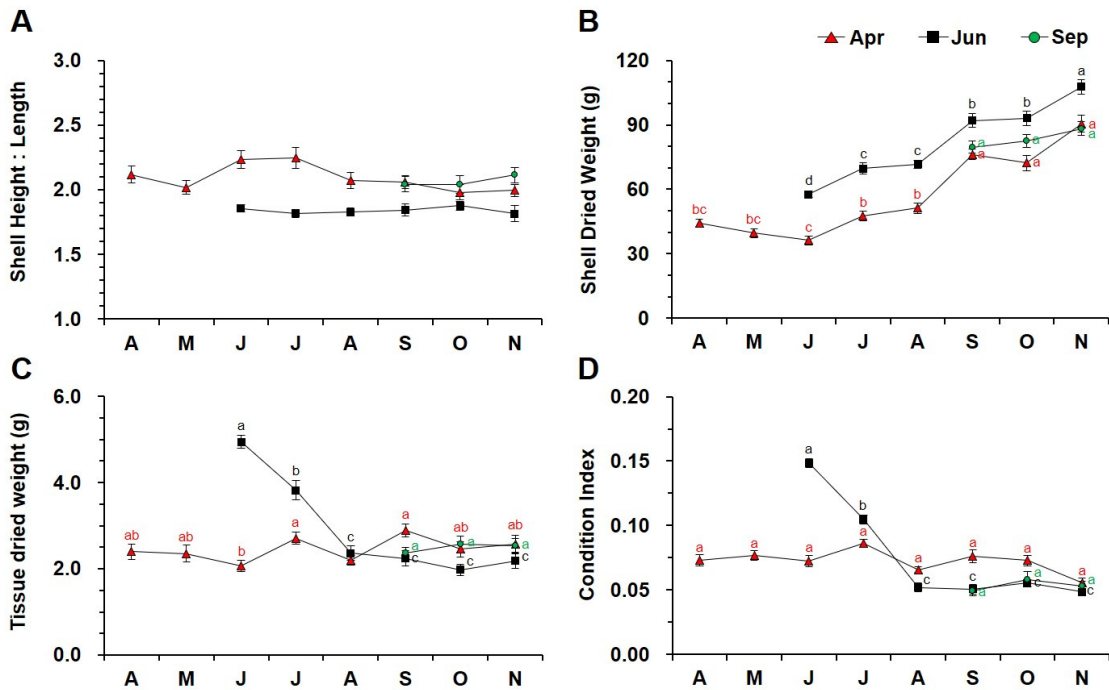


Fig. 2. Comparison of the monthly mean growth performance among the single shell oyster groups translocated in April, June, and September. Different characters on the graph lines indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

외형 등급 분포가 실험 종료 시점까지 유지되었다 (Table 1). 반면, 패각 중량은 9월 입식을 제외한 모든 실험구에서 입식 초기 대비 실험 종료 시점에 유의적으로 증가하였다 (Fig. 2B). 4월과 9월에 입식된 개체군의 조직 건 중량 및 비만도는 양성 초기와 말기 간에 유의적인 차이가 없었으나, 6월에 입식된 개체군은 유의적인 중량 및 비만도 감소를 보였다 (Fig. 2B & 2D). 실험 종료일 기준 누적폐사율은 4월입식 (8.8%, 43/5,454개체), 9월입식 (23.3%, 104/886개체), 6월입식 (39.9%, 407/5,205개체) 순으로 증가하였다 (Fig. 3).

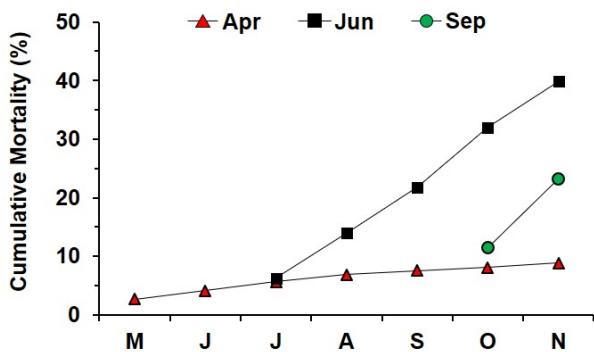


Fig. 3. Monthly cumulative mortality of the single shell oyster groups translocated in April, June, and September.

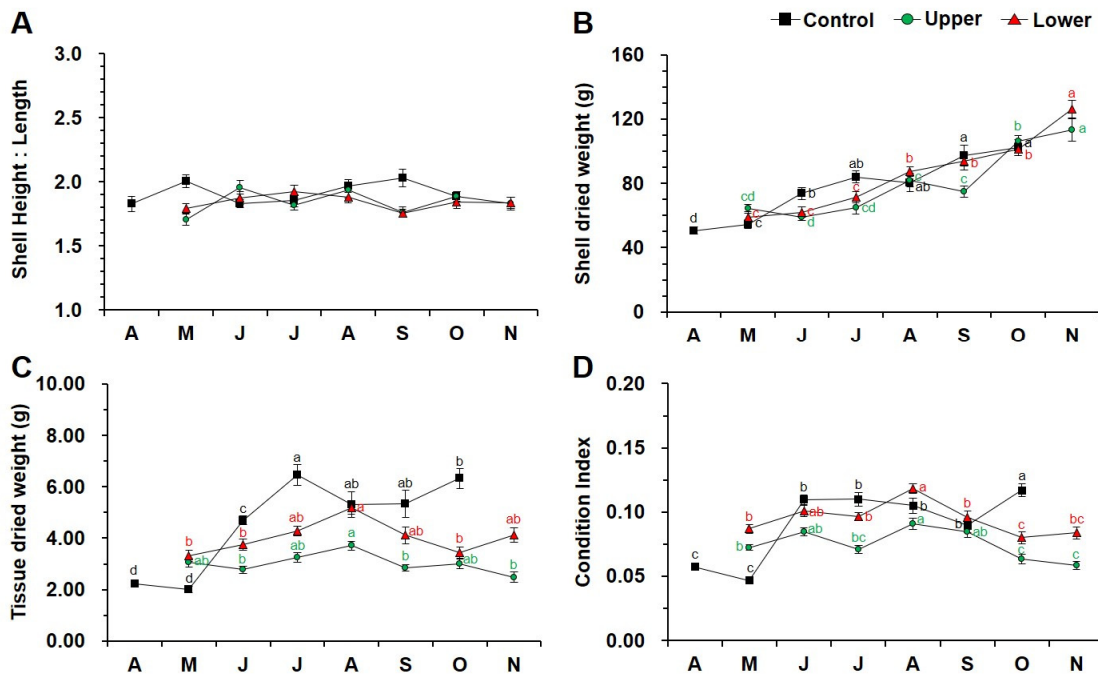
## 2. 이동양성 입식 조위 선정

2019년 4월, 상부에 입식된 개체군의 각고는  $113.9 \pm 1.8$  mm에서 11월 평균  $117.2 \pm 2.8$  mm로, 하부에 입식된 개체군은 4월 평균  $113.1 \pm 2.4$  mm에서 11월 평균  $120.3 \pm 2.5$  mm로 증가하였다 (Table 2). 각고의 증가폭은 10.3 mm를 기록한 남해 대조구에서 가장 높은 것으로 나타났다. 각고 대 각장 비는 모든 그룹에서 입식일 대비 종료 시점 간에 유의적인 차이가 없었으나 (Fig 4A), 상부와 하부 입식 실험구에서 외형 최고 등급 ‘Fancy’에 해당하는 개체의 비율은 감소하고 최하 등급 ‘Commercial’의 비율은 증가하였다 (Table 2). 패각 건 중량은 모든 실험구에서 유의적으로 증가하였으며 (Fig 4B), 증가폭은 하부 (67.3 g), 대조구 (51.7 g), 상부 (49.0 g) 순이었다. 반면 조직 건 중량의 증가폭은 대조구 (4.0902 g), 하부 (0.8081 g), 상부 (-0.5718 g) 순으로 나타났다 (Fig 4C). 입식 초기 (4월) 와 실험 종료 시점의 비만도는 대조구에서만 유의적으로 증가하였으나, 8월까지의 상부 및 하부에 이동양성한 개체군 또한 유의적인 조직중량 증가세를 보였다 (Fig 4D). 실험 종료일 기준 누적폐사율은 상부 (3.6%, 102/2,833개체) 보다 하부 (5.5%, 56/2,828개체) 에서 높았다 (Fig. 5).

## 고 찰

**Table 2.** Monthly mean oyster shell dimensions and the frequency distribution of the oyster shell grades according to the translocated area. The oyster shells were graded based on the grading system suggested by Department of Agriculture, Aquaculture and Fisheries in New Brunswick, Canada. *N*, number of analyzed oysters; SH, shell height; SL, shell length; SE, standard error

Sampling Month	Experimental Group	N	SH ± SE	Oyster Shell Grades (SH:SL) Frequency (%)			
				Fancy (< 1.50)	Choice (1.50-1.75)	Standard (1.75-2.00)	Commercial (> 2.00)
Apr	Control	30	113.8 ± 2.6	13.3	33.3	20.0	33.3
	Upper	-	-	-	-	-	-
	Lower	-	-	-	-	-	-
May	Control	30	125.3 ± 2.3	0.0	20.0	33.3	46.7
	Upper	30	113.9 ± 1.8	20.0	40.0	23.3	16.7
	Lower	30	113.1 ± 2.4	6.7	36.7	43.3	13.3
Jun	Control	30	115.0 ± 2.3	0.0	36.7	46.7	16.7
	Upper	30	114.6 ± 2.2	3.3	20.0	30.0	46.7
	Lower	30	112.8 ± 2.3	0.0	46.7	13.3	40.0
Jul	Control	30	125.7 ± 2.3	3.3	36.7	36.7	23.3
	Upper	30	110.7 ± 2.6	3.3	33.3	40.0	23.3
	Lower	30	116.0 ± 2.5	3.3	30.0	26.7	40.0
Aug	Control	30	121.3 ± 2.8	3.3	13.3	53.3	30.0
	Upper	30	115.2 ± 2.3	10.0	26.7	23.3	40.0
	Lower	30	117.0 ± 2.2	0.0	36.7	36.7	26.7
Sep	Control	20	128.4 ± 2.6	0.0	30.0	15.0	55.0
	Upper	30	100.7 ± 1.6	10.0	36.7	40.0	13.3
	Lower	30	110.6 ± 2.5	10.0	40.0	40.0	10.0
Oct	Control	30	124.1 ± 2.2	3.3	16.7	50.0	30.0
	Upper	30	115.1 ± 2.0	6.7	16.7	53.3	23.3
	Lower	30	114.0 ± 2.4	13.3	23.3	33.3	30.0
Nov	Control	-	-	-	-	-	-
	Upper	30	117.2 ± 2.8	10.0	36.7	26.7	26.7
	Lower	30	120.3 ± 2.5	3.3	36.7	40.0	20.0



**Fig. 4.** Comparison of the monthly mean growth performance among the single shell oyster groups translocated in the upper and lower intertidal area. Different characters on the graph lines indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

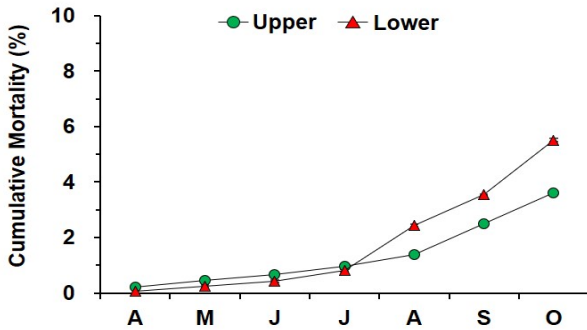


Fig. 5. Monthly cumulative mortality of the single shell oyster groups translocated in the upper and lower intertidal area on the west coast.

1. 개체굴 이동양성을 위한 최적 입식 시기 및 조류

개체굴의 남·서해 이동양성시 입식 시기 선정에는 실험구 별 폐사율을 가장 중요한 요소로 고려하였다. 2018년에 수행한 양성실험 결과, 폐사율이 높았던 6월 (39.9%) 및 9월 (23.3%) 은 개체굴 입식시기로 적합하지 않은 것으로 나타났으며, 4월에 입식된 개체굴 집단이 10% 미만의 폐사율을 보여 가장 적합한 것으로 판단하였다. 4월 대비, 6월과 9월에 입식된 개체굴의 폐사율이 높았던 이유는 고수온 스트레스에 갑작스럽게 노출된 개체굴 집단이 생리적으로 대응할 시간과 에너지 공급이 부족했기 때문인 것으로 판단된다. Tedengren *et al.* (2000) 에 따르면 고수온에 사전 노출된 진주담치 *Mytilus edulis*는 그렇지 않은 집단보다 고수온 저항에 관여하는 단백질 중 하나인 heat shock protein (HSP 70) 의 생산량이 높은 것으로 보고하였다. 또한, 고수온 노출에 따라 굴에서 나타나는 대사, 생리 및 면역학적 반응은 에너지 소모가 크기 때문에 (Newell *et al.* 1977; Rahman *et al.*, 2019) 서식 범위에서 벗어나는 급성 스트레스 노출에 대응하기 위해서 생물은 평소보다 더 많은 먹이 섭취 및 에너지 전환이 필요하다. 이러한 관점에서 서해안 인천만과 보령 갯벌에서 저서 미세조류 생체량 및 1차생산력은 봄철인 4월과 5월에 높은 수준을 유지하는 반면, 여름철에는 낮아지기 때문에 (Kwon *et al.*, 2018, 2020) 6월과 9월에 입식된 개체굴이 새로운 환경에 적응하지 못한 것으로 판단된다.

입식시기는 4월로 동일하게 하여 조간대 상부와 하부에서 진행된 2019년 양성실험 결과, 두 실험구 모두 7월까지 99% 이상의 생존율이 기록되었으나, 8월부터 폐사율 그래프의 기울기가 증가하였다. 이는 2018년에 수행한 양성실험에서도 동일하게 관찰된 현상으로, 여름철 해수 표층온도 및 대기온도 상승과 밀접한 관련이 있을 것으로 추정된다. 또한, 8월 이후, 조간대 상부보다 하부에서 폐사율 증가폭이 더 높았다. 이는 조간대 하부 지점이 2019년 8월 이후 연달아 지나간 태풍

(KMA, 2020) 의 영향을 더 오랜 시간 받았기 때문으로 추정된다. 그럼에도 불구하고 2019년 실험에서 확인된 폐사율은 조간대 상부에서 3.6%, 조간대 하부에서는 5.5%로, 2018년 6월 또는 9월에 확인된 폐사율 대비 현저하게 낮은 것으로 보아 개체굴은 봄철인 4월에 이동 양성하는 것이 적합한 것으로 판단하였다.

2. 이동양성에 따른 개체굴의 생물학적 변화

알굴 위주로 판매되는 기존의 참굴과 달리 개체굴은 외형이 상품성을 결정하는 주요한 요인으로 알려져 있다 (Mizuta and Wikfors, 2019). 이는 소비과정에서 반각굴의 형태로 제공되는 개체굴의 심미적 특성 (Brake *et al.*, 2003) 이 가장 큰 원인이며, 굴 생산과정에서 발생하는 패각 마모와 회복과정의 반복은 체내 저장되는 glycogen 증가로 이어져 굴의 맛과 풍미를 촉진하기 때문이다 (Cheney, 2010). 이에 따라 캐나다 식품검사청 (The Canadian Food Inspection Agency)은 각장 대 각고비를 기준으로 개체굴 외형등급을 최상위 “Fancy” 부터 “Choice”, “Standard”, “Commercial” 순으로 구분하여 평가하고 있다. 이러한 사실 때문에 일부 개체굴 생산자들은 주기적인 tumbling (굴을 인위적으로 굴리는 작업) 을 통해 외형을 조절하기도 한다 (Toba, 2002). 이번 연구에서는 서해안의 높은 조수간만 차에 의한 자연적인 패각 갈림 효과를 예상하였으나, 결과적으로 최고 등급에 해당하는 개체의 비율은 감소하고 최하 등급 개체의 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 따라서, 향후 각장 대 각고비를 활용한 개체굴 등급이 국내 시장에 적용될 경우, 서해에서도 양성 중 지속적인 패각 관리를 통해 외형 등급을 향상할 필요가 있을 것으로 판단된다.

이번 연구 결과, 조직 건 중량 및 비만도는 남해에서 지속적으로 양성된 대조구에서만 유의적으로 증가하였다. 반면, 조간대 상부 및 하부에서는 유의적인 차이는 없었으나, 하부에서 이동 양성된 개체굴의 조직 건 중량은 증가하였고 상부에서는 감소하였다. 일반적으로 이매패류의 조직 건중량 및 비만도 변화는 먹이 가용성과 밀접한 관련이 있다 (Hofmann *et al.* 1994; Kang *et al.*, 2006; Gosling, 2015). 따라서, 이번 연구에서 확인된 남해와 서해에서의 개체굴 중량 및 비만도 차이는 먹이 노출시간 차이에서 비롯된 것으로 추정된다. 다시 말해, 남해안 수하식 양식시설에서 24시간 먹이활동을 하던 개체굴이 사리 기간 평균 노출시간이 약 5-6시간인 환경으로 옮겨진 뒤에는 먹이 섭취 시간이 급격하게 감소한 것으로 추정할 수 있으며, 조간대 상부와 하부의 개체굴 간 중량 변화 차이도 이와 유사한 논리로 해석이 가능하다고 판단된다. 실제로 Soletchnik *et al.* (2005) 과 Azéma *et al.* (2017) 의 연구에 따르면, 참굴 양성 중 대기 노출 시간이 적

을수록 성장률이 높은 것으로 나타났다.

또한, 이번 연구에서 3배체 굴의 조직중량은 남해와 서해에서 각각 7월과 8월에 정점을 기록한 뒤, 완만하게 감소하였다. 반면, 이전 연구에 따르면, 2배체 굴은 남해와 서해에서 각각 5월과 6월이 최고점이었으며, 산란활동으로 인해 급감한 뒤 늦여름에서 가을철까지 감소세가 지속하는 경향을 보였다 (Kang *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2024). 이러한 비교에서 알 수 있는 사실은 두 가지로, Jeung *et al.* (2016) 이 언급하였듯이 3배체굴은 여름철에 중량 성장을 지속하고 육질이 좋기 때문에 굴 출하시기를 겨울에서 여름으로 앞당길 수 있다는 사실이 첫번째이다. 또한, 서해로 이동 양성된 3배체굴은 여름철 고온으로 인해 폐사율이 증가하고 조직중량이 감소하기 때문에 이러한 현상이 관찰되는 9월 전까지만 양성하여 출하한다면 이동양성의 효과를 극대화할 수 있을 것으로 판단된다.

## 요 약

이 연구에서는 3배체 개체굴의 남해-서해 이동 양성 기술개발을 목적으로 연중 최적 입식 시기 및 조위 선정을 위한 이동 양성실험이 수행되었다. 연구결과, 개체굴 입식시기는 서해안 갯벌의 1차생산력이 연 중 가장 높은 봄철 (4월) 이 여름 및 가을철보다 적합하였고 공기 중 노출 시간이 상대적으로 짧은 조간대 하부에서 양성된 개체굴이 상부 개체굴보다 조직 건중량 및 비만도 측면에서 유리한 것으로 나타났다. 서해로 이동양성된 개체굴의 조직 중량 및 비만도는 8월에 정점을 기록한 뒤, 여름철 고수온의 영향으로 감소하는 것을 고려하면, 이동 양성은 4월부터 8월까지 진행하여 개체굴을 출하하는 것이 이동양성의 효과를 극대화할 수 있는 방안으로 판단된다.

## 사 사

이 연구는 2024년도 국립수산물연구원 수산시험연구사업 “매스티지 (Masstige) 개체굴 생산을 위한 양식관리 기술개발 (R2024029)” 의 지원으로 수행되었습니다. 연구 수행에 도움을 주신 갯벌연구센터 연구원들과 어촌계 관계자 여러분께 감사 인사를 드립니다.

## REFERENCES

- Azéma, P., Maurouard, E., Lamy, J. B., Degremont, L. (2017) The use of size and growing height to improve *Crassostrea gigas* farming and breeding techniques against OsHV-1. *Aquaculture*, **471**: 121-129.
- Audemard, C., Barnaud, A., Collins, C.M., Le Roux, F., Sauriau, P.-G., Coustau, C., Blachier, P., Berthe, F.C.J. (2001) Claire ponds as an experimental model for *Marteilia refringens* life-cycle studies: new perspectives. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **257**: 87-108.
- Botta, R., Asche, F., Borsum, J. S., Camp, E. V. (2020) A review of global oyster aquaculture production and consumption. *Marine Policy*, **117**: 103952.
- Brake, J., Evans, F., Langdon, C. (2003) Is beauty in the eye of the beholder Development of a simple method to describe desirable shell shape for the Pacific oyster industry. *Journal of Shellfish Research*, **22**(3): 767-772.
- Brianik, C. J., Allam, B. (2023) The need for more information on the resistance to biological environmental stressors in triploid oysters. *Aquaculture*, **577**: 739913.
- Buestel, D., Ropert, M., Prou, J., Gouletquer, P. (2009) History, Status, and Future of Oyster Culture in France. *Journal of Shellfish Research*, **28**(4): 813-820.
- Cheney, D. P. (2010) Bivalve shellfish quality in the USA: from the hatchery to the consumer. *Journal of the World Aquaculture Society*, **41**(2): 192-206.
- Cho, Y.-G., Lee, H.-M., Kim, J.-H., Shin, J.-S., Choi, K.-S., Kang, J.-H., Jeung, H.-D. (2021) Seeking of oyster traits for simple indices to evaluate of cultchless single Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Korean Journal of Malacology*, **37**(3): 93-101.
- Choi, K.-S. (2018) Oyster capture-based aquaculture in the Republic of Korea. Capture-based aquaculture. Global review. *FAO Fisheries Technical Paper*, **508**: 271-286.
- Dégremont, L., Soletchnik, P., Boudry, P. (2010) Summer mortality of selected juvenile Pacific oyster *Crassostrea gigas* under laboratory conditions and in comparison with field performance. *Journal of Shellfish Research*, **29**(4): 847-856.
- FAO (2023) The Food and Agriculture Organization. Global Fishery and Aquaculture Productions Statistics. Retrieved December 22, 2023, from <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>.
- Gosling, E. (2015) Marine bivalve molluscs. John Wiley & Sons.
- Guo, X. M., De Brosse G. A., Allen, S. K. (1996) All triploid Pacific oysters *Crassostrea gigas* Thunberg produced by mating tetraploids and diploids. *Aquaculture*, **142**: 149-161.
- Hofmann E. E., Klinck J. M., Powell E. N., Boyles S., Ellis M. (1994) Modeling Oyster Populations II. Adult Size and Reproductive Effort. *Journal of Shellfish Research*, **13**: 165-182.
- Jeung, H.-D., Keshavmurthy, S., Lim, H.-J., Kim, S.-K., Choi, K.-S. (2016) Quantification of reproductive effort of the triploid Pacific oyster, *Crassostrea gigas* raised in intertidal rack and bag oyster culture system off the west coast of Korea during spawning season. *Aquaculture*, **464**: 374-380.
- Kang, C.-K., Park, M.-S., Lee, P.-Y., Choi, W.-J., Lee, W.-C. (2000) Seasonal variations in condition,

## Translocation of a single shell oyster from south to west coast

- reproductive activity, and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), in suspended culture in two coastal bays of Korea. *Journal of Shellfish Research*, **19**(2): 771-778.
- Kang, C.-K., Lee, Y.-W., Choy, E.-J., Shin, J.-K., Seo, I.-S., Hong, J.-S. (2006) Microphytobenthos seasonality determines growth and reproduction in intertidal bivalves. *Marine Ecology Progress Series*, **315**: 113-127.
- KATI (2023) Korea Agricultural Trade Information. Retrieved December 13, 2023, from <https://www.kati.net/statistics/monthlyPerformanceByProduct.do>.
- KMA (2020) Korea Meteorological Administrations. Typhoon Statistics. Retrieved December 13, 2023, from <https://www.weather.go.kr/w/typhoon/typ-history.do>.
- KOSIS (2023) Korea Statistics Information System. Retrieved December 13, 2023, from <https://kosis.kr/index/index.do>
- Kwon, B.-O., Kim, H.-C., Koh, C.-H., Ryu, J., Son, S., Kim, Y.-H., Khim, J.-S. (2018) Development of temperature-based algorithms for the estimation of microphytobenthic primary production in a tidal flat: A case study in Daebu mudflat, Korea. *Environmental Pollution*, **241**: 115-123.
- Kwon, B.-O., Kim, H., Noh, J., Lee, S.-Y., Nam, J., Khim, J.-S. (2020) Spatiotemporal variability in microphytobenthic primary production across bare intertidal flat, saltmarsh, and mangrove forest of Asia and Australia. *Marine Pollution Bulletin*, **151**: 110707.
- Lawrence, D. R., Scott, G. I. (1982). The determination and use of condition index of oysters. *Estuaries*, **5**(1): 23-27.
- Lee, H.-J., Lee, H.-M., Hong, H.-K., Hur, Y.-B., Choi, K.-S. (2024) The Annual Reproductive Cycle and Reproductive Effort of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* from a Tidal Flat in Incheon Bay on the West Coast of Korea. *Ocean Science Journal*, **59**(1): <https://doi.org/10.1007/s12601-023-00127-w>.
- Mizuta, D.D., Wikfors, G.H. (2019) Seeking the perfect oyster shell: a brief review of current knowledge. *Reviews in Aquaculture*, **11**(3): 586-602.
- Newell, R. C., Johnson, L. G., Kofoed, L. H. (1977) Adjustment of the components of energy balance in response to temperature change in *Ostrea edulis*. *Oecologia*, 97-110.
- Rahman, M. A., Henderson, S., Miller-Ezzy, P., Li, X. X., Qin, J. G. (2019) Immune response to temperature stress in three bivalve species: Pacific oyster *Crassostrea gigas*, Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* and mud cockle *Katylusia rhytiphora*. *Fish & Shellfish Immunology*, **86**: 868-874.
- Soletchnik, P., Lambert, C., Costil, K. (2005) Summer mortality of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in relation to environmental rearing conditions. *Journal of Shellfish Research*, **24**(1): 197-207.
- Tedengren, M., Olsson, B., Reimer, O., Brown, D. C., Bradley, B. P. (2000) Heat pretreatment increases cadmium resistance and HSP 70 levels in Baltic Sea mussels. *Aquatic Toxicology*, **48**(1): 1-12.
- Toba, D. (2002) Small-scale oyster farming for pleasure and profit in Washington. Washington Sea Grant, Seattle, WA.
- Wadsworth, P., Wilson, A. E., Walton, W. C. (2019) A meta-analysis of growth rate in diploid and triploid oysters. *Aquaculture*, **499**: 9-16.
- Yang, H., Simon, N., Sturmer, L. (2018) Production and Performance of Triploid Oysters for Aquaculture. *EDIS*, **2018**(4): 1-9.