

# 수하시기에 따른 참굴 인공종묘의 성장 비교

이정미, 박애전<sup>1</sup>, 조상만<sup>2</sup>, 박경대

경상남도수산자원연구소, <sup>1</sup>인천광역시 수산종묘배양연구소,

<sup>2</sup>경상대학교 해양생명과학과, 해양산업연구소

## Growth Comparison of the Pacific Oyster Spat, *Crassostrea gigas*, by Three Different Suspended Time Around Coast of Gyeongnam

Jeong-Mee Lee, Ae-Jeon Park<sup>1</sup> Sang-Man Cho<sup>2</sup> and Kyung-Dae Park

Fisheries Resources Research Institute, Gyeongnam 650-947, Korea

<sup>1</sup>Fisheries Hatchery Research Institute, Incheon 409-871, Korea

<sup>2</sup>Department Marine Biology and Aquaculture & Institute of marine industry, Gyeongsang National University, Tongyeong, Gyeongnam 650-160, Korea

### ABSTRACT

In order to investigate the possibility of yearly-harvest, we carried out growth experiment (shell height, meat weight and condition index) for of the artificial oyster spat, which suspended in three different times before the season for natural spat around coastal waters of Gyeongnam Province. Shell growth of spats suspended in June showed higher than those in April and May. In meat weight, the growth of spats was significantly elevated from October, of which significant difference was observed depending on growing farms (Gosung<Tongyeong and Koje). Using condition index, we found that the spat deployed in April and May were spawned on August or September, however, could not that in June. The estimated yield time were accounted for September on the shell height level ( $\geq 80$  mm) and October on the meat weight level ( $\geq 5$  g).

**Key words:** Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, growth, suspended time

### 서 론

우리나라에서는 연간 약 200,000여 톤의 굴이 생산되고 있고, 이는 패류양식 생산량의 90%를 차지한다. 생굴 및 가공품으로 세계 25개국에 수출하는 전략 수산물로 국가 경제에 크게 기여하는 품종 중 하나이다.

일반적으로 굴 수하식 양식에 사용하는 자연종굴은 해양 환경의 변화에 따라 풍흉이 심하여 안정적 종묘수급에 문제점들이 제기되어 왔고, 실제 1992년에는 자연채묘의 부진으로 총 소요량의 50%만이 확보되어 굴 생산량에 막대한 영향을 끼쳤다 (Park *et al.*, 1999). 또한 부산 신행만과 같

은 연안역의 개발로 인한 천연채묘장의 소실은 천연종굴 확보의 어려움을 더욱 가중시키고 있다. 굴양식의 안정적 종묘수급을 위하여 1994년 이후 인공종묘생산이 시도되었고, 현재 대량생산 기술이 확립된 단계에 이르렀다. 또한 이러한 인공종묘의 현장 적용 가능성은 이미 검증받은 바 있다 (Min *et al.*, 1999).

굴 수하식 양식의 전통적인 양식방법에 따르면 전기 채묘 종묘는 9월에 수하하여 익년 2월에 수확하게 되고, 후기 채묘된 종묘는 연안의 단련상에서 단련시켜 익년 6월에 수하하여 당년 12월에 수확하게 된다. 그러나 최근 양식환경의 변화와 장기간의 연작에 의한 자가오염 등으로 인하여 점차 성장이 둔화되고 (Yoo *et al.*, 1980; Yoo and Park, 1981), 수확시기가 늦어지는 경향을 나타내고 있다 (Choi *et al.*, 1997; Yoo *et al.*, 1980). 굴의 성장은 양성기간 동안의 누적 성장을 의미하므로 수하하는 시기에 따라 조절이 가능할 것으로 생각되고(Jeong *et al.*, 1999), 이는 수확시

Received January 24, 2008; Revised March 14, 2008;  
Accepted July 29, 2008  
Corresponding author: Lee, Jeong-Mee  
Tel: +82 (55) 649-0985 e-mail: leebeauty@hanmail.net  
1225-3480/24206

기를 결정하는데 중요한 요인으로 작용할 수 있다. 이러한 수확시기는 굴양식산업의 경영적 측면에서 매우 중요하다.

우리나라 해역에서 굴 수하식 양식에 관한 연구는 참굴 수하양식의 해역별 성장도 (Bae, 1973), 양식굴의 어장 환경별 성장도 (Bae et al., 1976), 한산, 거제만내 양식장별 굴의 성장 비교와 부착밀도에 따른 패각의 상대성장 (Yoo and Park, 1981), 참굴의 성장 (Yoo et al., 1972) 등 천연 채묘의 양식에 관한 많은 보고가 있다. 최근에 인공종묘의 대량생산 기술개발이 일부 확립되었으나, 인공종묘와 천연 종묘의 성장 비교 (Min et al., 1999)에 관한 연구만이 보고되어 있다. 그러나 근래 굴 인공종묘는 동절기에도 생산이 가능해 짐에 따라 종묘의 수하시기를 조절하면 천연종묘보다는 용이하게 수확시기를 조절할 수 있을 것으로 기대되며로 계획적인 양식이 가능할 것으로 판단된다.

우리 연구는 조기(3월, 4월, 5월)에 생산된 인공종묘를 주요 굴 양식해역(통영, 거제, 고성)에 수하하여 각부성장, 육중량 및 비만도의 변화를 비교 분석하여 계획적이고 체계적인 양식생산을 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 참굴인공종묘 생산

이 연구에 사용한 모패는 통영시 광도면 지선과 거제시 거제면 지선에서 약 1년간 수하 양성된 개체를 사용하였다. 인위적인 성숙유도를 위해 23±1℃의 가온해수에서 유수 사육하였고, 먹이는 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Chaetoceros simplex*, *Tetraselmis tetrathele*, *Monochrysis* sp.을 혼합하여 20-30×10<sup>4</sup> cell/mL 밀도로 공급하였다. 성숙된 어미굴은 간출 및 수온상승법을 병행하여 방란·방정을 유도하였고, 수정 후 24시간 만에 발생된 D형 유생은 40 μm 거름망으로 수거하고 5 마리/mL의 밀도로 20톤 FRP원형 수조에서 수육하였다. 사육수온은 27℃, 환수는 2-3일 간격으로 전 환수하였고, 이때 유생의 유실을 방지하기 위하여 망목 40-200 μm 걸름망을 사용하여 유생을 수거하였다. 먹이생물은 *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, *Tetraselmis tetrathele* 그리고 *Monochrysis* sp.을 혼합하여, 일간 2-3회, 5-10×10<sup>4</sup> cell/mL의 밀도로 공급하였고, 유생이 성장함에 따라 공급량을 3일 마다 10% 씩 증가시켰다.

### 2. 인공종묘 수하양성

2001년 경남수산자원연구소에서 3월, 4월 그리고 5월에 생산된 참굴 인공종묘를 별도의 가이식을 거치지 않고, 거제시 거제면 내간리 (거제 양성장), 고성군 삼삼면 두포리 (고성 양성장), 통영시 광도면 덕포리 (통영 양성장) 지선 앞바다에 3월 종묘는 4월에, 4월 종묘는 5월에 그리고 5월 종묘

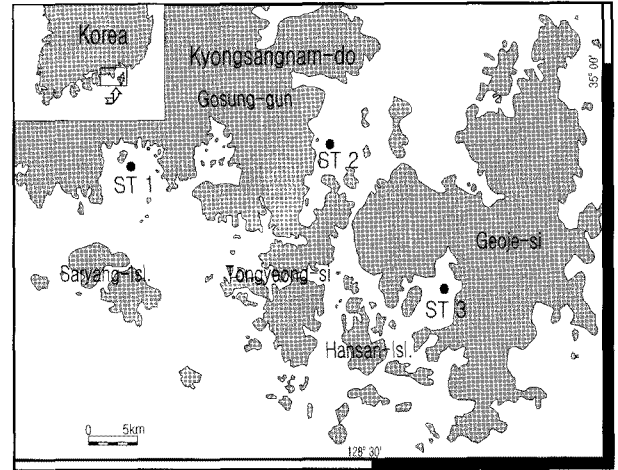


Fig. 1. Sample sites for the experiment. ST 1, 2 and 3 were located at Gosung-gun Dupo-ri, Tongyeong-si Dukpo-ri and Geoje-si Naekwan-ri, respectively.

는 6월에 수하하여 (Fig. 1) 2001년 12월까지 양성하였다.

상기 양성시험에 사용한 인공종묘 수하연의 길이는 7m였고, 각 양성어장에 100연씩 수하하였다. 수하연의 부착기질은 굴 공각으로, 1연당 26개 패각으로 조립하였고, 수하 시 공각당 부착된 치패수는 30-60마리 범위였다.

### 3. 어장환경조사

각 양성장의 환경조사를 위하여 수온 (℃)과 염분 (psu)은 매월 현장에서 CTD (SBE-19 plus, Sea-Bird Electronics Inc., Bellevue, Washington, USA)를 이용하여 측정하였고, 인산염 ( $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$ ), 용존 무기질소 ( $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$ ), 화학적 산소요구량 (mg/L) 및 클로로필-*a* ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )는 표층과 저층 (7 m)별로 채수하여 해양환경공정시험법 (1997)에 따라 분석하였다.

### 4. 성장 및 비만도

참굴 인공종묘의 각부 및 육중량 그리고 비만도 조사는 3곳의 양성장에서 5월부터 12월까지 매월 시험양성구별로 수하 1연씩 수거하여 실시하였다. 수거된 수하연은 상, 중, 하로 나누어 각각 30마리씩 무작위로 굴을 채집하여 각장, 각고, 각폭, 전중 및 육중을 측정하였다. 양성기간동안의 각부와 육중의 성장식은 매월 평균 각고의 크기와 육중량을 이용하여 sigma plot 2004 (systat software Inc.)의 regression wizard를 이용해 산출하였다. 양성장 및 수하시기에 따른 각고 성장식에 대한 유의성 검정은 SPSS window 12.0 (SPSS Inc.)을 이용하여 ANCOVA-test를 실시하였고, 그룹간의 유의성 차이는 LSD homogeneity test를 실시하였다. 육중량의 성장이 급격하게 변하는 변곡점을 찾기 위하여 각각의 성장데이터를 일자별로 표준화시켜 ANOVA-test를 실시하였다.

Table 1. Monthly variation of environmental factors and water quality at culturing ground of *C. gigas*, Goeje, Korea

Month		water temp. (°C)	sal. (psu)	COD (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (μg <sup>at</sup> /L)	DIN (μg <sup>at</sup> /L)	Chl-a (μg/L)
April	S	16.0	32.0	1.00	0.33	0.51	1.30
	B	14.8	31.5	1.50	0.33	0.79	2.00
May	S	17.0	32.5	0.49	4.60	2.47	3.84
	B	16.8	32.0	0.85	4.81	2.27	6.24
June	S	22.2	31.2	2.11	4.03	2.72	6.24
	B	19.8	31.7	1.88	7.05	2.94	8.63
July	S	27.4	29.4	2.96	4.81	0.36	4.32
	B	22.0	29.9	3.49	5.02	0.47	1.92
Aug.	S	28.4	29.3	1.52	0.18	0.69	3.36
	B	27.3	30.2	2.33	2.05	8.00	8.15
Sep.	S	25.2	30.7	2.60	0.75	0.19	9.11
	B	24.9	30.7	2.33	1.12	2.26	6.24
Oct.	S	20.2	30.0	1.25	0.07	8.60	2.40
	B	20.0	30.4	1.88	0.02	10.09	6.71
Nov.	S	17.3	30.5	1.70	0.04	26.49	5.76
	B	17.2	30.5	1.66	0.04	21.90	6.71
Dec.	S	11.3	31.3	1.15	0.26	11.06	6.96
	B	11.2	31.5	1.68	0.13	10.66	7.67

S: Surface, B: Botton

비만지수(CI)는 아래와 같이 7월부터 11월까지 조사하여 산란시기를 추정하였고, 조사시기 및 수하시기에 따른 비만지수(CI) 변화의 유의성 검정은 systat 3.1 (systat software Inc.)를 이용하여 two-way ANOVA- test로 실시하였다.

수하 양성된 인공종묘가 상품크기에 도달하는 시기를 파악하고자, 각고 80 mm와 습중량 5 g을 각각의 상품크기 기준

$$\text{Condition Index(CI)} = \frac{MW_{(g)}}{SL_{(mm)} \times SH_{(mm)} \times SW_{(mm)}} \times 1000 \quad (\text{식 1})$$

으로 설정하였고 (Jeong *et al.*, 1999), 매월 조사된 성장자료로부터 각고성장식과 육중량 성장식을 추정한 후 인공종묘의 수하시기 및 수하지역별 성장차이를 조사하여 계획적인 양식 생산을 위한 모델을 제시하고자 한다.

## 결 과

### 1. 양성장별 해양환경

#### 1) 거제 양성장

거제시 거제면 내간리의 거제 양성장은 한산-거제만 내측에 위치하고 수심은 20-30 m 내외이었다. 육지부에는 부락이 형성되어 있고, 둔덕천이 인접하여 영양염의 유입이 많으며 주변에 굴 양식장이 밀집한 지역이었다. 조사기간 동안 양성장의 수온 범위는 11.2-28.4°C 였고, 5월부터 수온이 상승하기 시작하여 8월에 27.9°C의 최고치를 나타내었으며, 10월부터 수온이 서서히 하강하기 시작하여 12월에 11.3°C로 조사 기간 중 가장 낮은 수온을 나타내었다. 염분은 표층이 29.3-32.5

psu 저층은 29.9-32.0 psu 범위로 평균 염분은 5월에 32.3 psu로 가장 높았고, 7월과 8월에 30.0 psu이하의 값을 보여 강우의 영향으로 인한 염분저하가 뚜렷하였다.

화학적 산소요구량은 표층이 0.49-2.96 mg/L, 저층이 0.85-3.49 mg/L 범위로 연 평균 농도는 1.79 mg/L로 해역 II등급 기준치 2 mg/L 이하였으나, 7월과 9월의 표층과 저층 모두에서 2 mg/L 기준치를 초과하였다. 인산인염의 농도는 표층이 0.04-4.81 μg<sup>at</sup>/L, 저층이 0.02-7.05 μg<sup>at</sup>/L범위였고, 봄철부터 서서히 증가하여 7월 표층에서 4.18 μg<sup>at</sup>/L 농도로 최고치를 나타내어 여름철 강우의 영향으로 영양염의 유입이 집중됨을 알 수 있었다. 용존 무기질소는 표층이 0.19-26.49 μg<sup>at</sup>/L, 저층이 0.47-21.90 μg<sup>at</sup>/L 범위로, 4월부터 9월까지 해역 II 등급 수질기준 7.14 μg<sup>at</sup>/L을 초과하지 않았으나, 이후 동절기에 높은 농도를 나타내며 해역 II 등급 수질기준을 초과하였다.

클로로필 농도는 표층이 1.30-9.11 μg/L, 저층이 1.92-8.63 μg/L 범위였고, 평균 클로로필의 월별 변화는 4월에 1.65 μg/L에서 6월에 7.44 μg/L로 서서히 증가 하였다가, 7월에는 오히려 2.88 μg/L로 감소하였고, 9월에 6.95 μg/L로 최고값을 보였다. 본 양성장의 클로로필의 농도를 살펴본 결과 봄과 가을에 식물성 플랑크톤의 증식이 활발하다는 것을 알 수 있었다 (Table 1).

#### 2) 고성 양성장

고성군 삼삼면 두포리의 고성양성장은 고성자란만 내역에 위치하고, 수심이 10 m 내외로 얕고, 외해와 직접 연결되어

Table 2. Monthly variation of environmental factors and water quality at culturing ground of *C. gigas*, Gosung, Korea

Month		water temp. (°C)	sal. (psu)	COD (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (μg <sup>at</sup> /L)	DIN (μg <sup>at</sup> /L)	Chl-a (μg/L)
April	S	14.0	33.0	0.80	0.57	0.64	2.40
	B	13.0	32.5	0.40	0.50	0.29	2.00
May	S	16.4	33.0	1.25	4.46	3.05	3.84
	B	15.3	32.5	1.08	2.84	0.94	1.92
June	S	21.9	31.6	2.15	8.56	2.34	3.84
	B	20.7	31.3	2.51	11.58	3.12	4.80
July	S	26.9	30.2	3.00	4.66	5.12	3.84
	B	23.9	29.2	1.30	4.60	1.34	1.92
Aug.	S	28.8	29.7	1.71	0.28	0.93	3.84
	B	26.9	30.2	2.26	0.36	2.47	5.28
Sep.	S	24.3	30.0	0.99	0.33	3.53	7.19
	B	24.0	30.1	1.75	0.13	6.47	6.71
Oct.	S	20.3	29.9	1.61	0.02	11.13	3.84
	B	19.9	30.2	2.20	0.03	7.54	3.36
Nov.	S	13.1	30.2	1.16	0.33	1.94	3.84
	B	13.0	30.8	1.03	4.24	2.33	5.28
Dec.	S	8.3	31.4	2.02	0.02	6.85	5.76
	B	8.4	31.4	2.24	0.13	1.54	3.36

S: Surface, B: Bottom

있었다. 주변에 패류양식장들이 밀집해 있으며, 주로 굴과 피조개 양식이 이루어지고 있는 지역이었다. 수온 범위는 13.0-29.1°C였고, 5월부터 수온이 상승하기 시작하여 8월에 27.9°C로 최고치를 보이고, 12월에 8.4°C로 가장 낮은 수온을 보였다. 염분은 표층이 29.1-33.0 psu, 저층이 29.2-32.5 psu 범위로 평균 염분은 4월과 5월에 32.8 psu로 가장 높았고, 7월에 29.7 psu로 가장 낮았다. 표층과 저층간의 염분차이는 7월에 각각 30.2 psu, 29.2 psu에서 8월에 각각 29.7 psu, 30.2 psu로 표층이 저층에 비해 낮아지는 현상을 보여 수심이 얕은데도 불구하고 표층과 상층의 해수교환이 원활하지 못한 것을 알 수 있었다.

화학적 산소요구량은 표층이 0.80-3.0 mg/L, 저층이 1.03-2.51 mg/L범위였고, 연 평균 농도는 1.64 mg/L로 해역 II등급 기준치 이하였으나, 6월에는 표층과 저층 모두에서 해역 II등급 기준치를 초과하였고, 조사기간 내 저층의 화학적 산소요구량의 농도는 표층에 비해 해역 II등급 기준치를 초과하는 빈도가 높았다. 인산인염 농도는 표층이 0.02-8.56 μg<sup>at</sup>/L, 저층이 0.03-11.58 μg<sup>at</sup>/L범위였고, 봄철인 4월에서 6월까지 급격히 증가하여 6월에 표층과 저층이 8.56 μg<sup>at</sup>/L, 11.58 μg<sup>at</sup>/L로 인산인염 농도가 가장 높은 값을 보였다. 이후 7월부터 9월까지 인산인염 농도가 감소하여 본 양성장

경우 여름철 보다 봄철에 영양염류의 유입은 많은 것으로 나타났다. 용존 무기질소는 표층이 0.64-11.13 μg<sup>at</sup>/L, 저층이 0.29-7.54 μg<sup>at</sup>/L범위였고, 4월에서 8월까지 해역 II 등급 수질기준을 초과하지 않는 농도를 보였으나, 이후 증가하기 시작하여 10월에 표층과 저층에서 각각 11.13 μg<sup>at</sup>/L, 7.54 μg<sup>at</sup>/L로 최고치를 보여 동절기로 접어들면서 부영양화 되어가는 현상이 뚜렷하였다.

클로로필의 농도는 표층이 2.40-7.19 μg/L, 저층이 1.92-6.71 μg/L범위였으며, 평균 클로로필의 월별 변화는 4월에 2.20 μg/L, 6월에 4.32 μg/L로 소폭 증가하였다가 7월에 2.88 μg/L로 감소하고 이후 9월에 6.95 μg/L로 가장 높은 값을 보여, 본 양성장은 봄철 보다 가을철에 식물성 플랑크톤의 증식이 활발함을 알 수 있었다 (Table 2).

### 3) 통영 양성장

통영시 광도면 덕포리의 통영양장은 진해만내 비교적 조류 소통이 원활한 원문만 입구에 위치하며, 수심은 12-15 m 내외이고, 통영지역의 굴 양식장이 집중되어 있는 곳이었다. 본 양장은 6월에 접어들어 수온이 상승하여 27.1°C로 8월에 최고치를 보였으며, 이후 서서히 수온이 하강하기 시작하여 12월에는 9.2°C로 가장 낮은 수온을 나타내었다. 염분은 표층이 29.3-33.0 psu, 저층이 29.1-33.0 psu범위로 4월에 평균 염분

Table 3. Monthly variation of environmental factors and water quality at culturing ground of *C. gigas*, Tongyeong, Korea

Month		water temp. (°C)	sal. (psu)	COD (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P ( $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$ )	DIN ( $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$ )	Chl-a ( $\mu\text{g}/\text{v}$ )
April	S	14.5	33.0	2.00	0.13	0.29	3.60
	B	14.0	33.2	1.18	0.30	0.29	3.70
May	S	14.5	32.5	1.12	2.83	0.87	2.88
	B	14.0	33.0	1.16	4.40	1.86	3.36
June	S	20.5	31.1	3.84	6.22	4.07	5.28
	B	20.2	31.0	3.18	10.80	3.40	4.32
July	S	24.1	29.6	1.73	2.72	2.76	8.63
	B	22.1	30.0	2.69	2.55	0.81	5.28
Aug.	S	27.2	29.5	1.16	0.39	4.45	3.84
	B	27.1	29.1	2.15	0.33	0.56	3.36
Sep.	S	23.5	29.6	1.12	0.33	17.51	3.84
	B	23.5	29.6	1.97	0.39	9.69	2.88
Oct.	S	19.6	29.3	1.08	0.01	9.69	6.24
	B	19.5	29.5	2.42	0.01	9.19	2.40
Nov.	S	13.7	30.1	0.94	0.13	8.70	7.67
	B	13.8	30.4	1.70	0.28	3.35	7.10
Dec.	S	9.1	30.4	1.25	0.07	7.38	7.10
	B	9.3	30.8	1.48	0.18	6.29	6.71

S: Surface, B: Botton

이 33.0 psu로 가장 높았고, 8월에 29.3 psu로 가장 낮았다.

화학적 산소요구량은 표층이 0.94-3.84 mg/L, 저층이 1.16-3.18 mg/L로 6월 표층이 3.84 mg/L로 가장 높은 농도를 나타내었다. 연평균 농도는 1.82 mg/L로 해역 II등급 기준치인 2mg/L를 초과하지는 않았으나, 6월에 표층과 저층 모두에서 해역 II등급 기준치를 초과하였고, 6월 이후 저층이 표층에 비해 해역 II등급 기준치를 초과하는 빈도가 높았다. 인산인염의 농도는 표층이 0.01-6.22  $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$ , 저층이 0.01-10.80  $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$  범위였고, 인산인염 농도의 월별 변화는 4월부터 6월까지의 증가하여 6월의 표층과 저층의 농도가 6.22  $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$ 와 10.80  $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$ 로 최고치를 보였다. 이후 8월부터 낮은 수준으로 급격히 감소하고 12월까지 낮은 농도를 유지하여 봄철에 영양염 유입이 많은 것을 알 수 있었다. 용존 무기질소 농도는 표층이 0.29-17.51  $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$ , 저층이 0.29-9.69  $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$  범위였고, 9월에 표층이 17.51  $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$ , 저층 9.69  $\mu\text{g}^{\text{at}}/\text{L}$ 로 최고치를 나타내었다. 조사시작 시점인 4월부터 8월까지의 표층, 저층 모두 해역 II 등급 수질기준을 초과하지는 않았으나, 9월에 표층과 저층이 최고치를 나타내면서 해역 II 등급 수질기준을 초과하였고 이후 농도는 다소 낮아졌지만 해역 II 등급 수질기준을 초과하는 빈도가 높았다.

클로로필 농도는 표층이 2.88-8.63  $\mu\text{g}/\text{L}$ , 저층이 2.40-7.10  $\mu\text{g}/\text{L}$  범위였다. 4월에 3.65  $\mu\text{g}/\text{L}$ 에서 7월에 6.96

$\mu\text{g}/\text{L}$ 으로 증가하고, 이후 8월에 3.60  $\mu\text{g}/\text{L}$ , 9월에 3.36  $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 낮은 값을 보이다가 11월, 12월에 각각 7.43  $\mu\text{g}/\text{L}$ , 6.95  $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 다시 증가하는 양상을 보였다. 본 양성장의 클로로필의 농도는 겨울철에 오히려 높은 값을 나타내었다 (Table 3).

## 2. 수하시기 및 양성장별 인공종묘의 각고 성장비교

수하시기를 달리한 인공종묘에 대한 해역별 양성일수에 따른 각고 성장식은 Table 4와 같다. 수하시기가 다른 인공종묘의 각고성장을 양성장별로 살펴보면 (Fig. 2), 4월에 수하된 인공종묘의 경우, 양성일수에 따른 각고성장 패턴은 양성장별로 차이를 보이지 않았다 ( $df=2$ ,  $F=0.309$ ,  $P>0.05$ , ANCOVA). 평균 각고 4 mm 내외 종묘를 수하하여 60일간 양성 후 각 해역별 각고를 비교하면, 통영 양성장에 수하시킨 종묘는 16.34 mm, 거제 양성장 16.72 mm, 고성 양성장 14.49 mm로 성장하여 이 양성기간 동안 각고의 일간 성장율은 평균 0.20 mm/day 로 비교적 완만한 성장을 보였다. 이후 양성 160일째의 양성장별 각고성장은 각각 70.24 mm, 70.81 mm, 그리고 75.78 mm를 나타내어 일간성장률이 평균 0.58 mm/day 로 60일 이전보다는 빠른 성장을 보였다. 시험 종묘일인 양성 250일째는 각각 98.19 mm, 92.95 mm, 그리고 94.12 mm 을 나타내었고, 일간 성장율은 평균

Table 4. Estimated growth equation for shell height (SH) and meat weight (W) of the oyster suspended by different month

Station	March	April	May
Tongyeong	$SH = \frac{103.4347}{(1 + \exp(-(\frac{X-129.0586}{41.2694})))}$	$SH = \frac{100.9057}{(1 + \exp(-(\frac{X-110.4057}{37.0036})))}$	$SH = \frac{98.8221}{(1 + \exp(-(\frac{X-65.3874}{25.9410})))}$
Gosung	$SH = \frac{95.6917}{(1 + \exp(-(\frac{X-116.3043}{32.6729})))}$	$SH = \frac{96.2049}{(1 + \exp(-(\frac{X-96.2049}{34.4966})))}$	$SH = \frac{98.9586}{(1 + \exp(-(\frac{X-70.4124}{30.3814})))}$
Goeje	$SH = \frac{86.2140}{(1 + \exp(-(\frac{X-120.3326}{38.7008})))}$	$SH = \frac{102.1008}{(1 + \exp(-(\frac{X-113.6923}{40.3354})))}$	$SH = \frac{81.9029}{(1 + \exp(-(\frac{X-69.6004}{26.7106})))}$
Tongyeong	$W = 0.1535\exp(0.0175x)$	$W = 0.2393\exp(0.0169x)$	$W = 0.3435\exp(0.0207x)$
Gosung	$W = 0.4524\exp(0.0115x)$	$W = 0.5368\exp(0.0120x)$	$W = 0.3920\exp(0.0176x)$
Goeje	$W = 0.1290\exp(0.0186x)$	$W = 0.2584\exp(0.0169x)$	$W = 0.2405\exp(0.0219x)$

0.22 mm/day 로 성장이 다시 둔화되는 특성을 보였다.

5월에 수하된 인공종묘도 양성장별로 각고성장 패턴에 차이가 없었으며 (df=2, F=2.184, P>0.05, ANCOVA), 평균 각고 5 mm 내외 종묘를 수하시켜 양성 50일째의 각고를 살펴보면, 통영 양성장 16.50 mm, 거제 양성장 17.45 mm, 그리고 고성 양성장 20.10 mm였고, 평균 0.25 mm/day의 일간 성장율을 나타내었다. 이후 양성 140일에 각각 69.62 mm, 67.13 mm 그리고 75.57 mm로 성장하여 평균 0.60 mm/day의 성장률로 급격한 성장을 보였다. 이후 양성 230일 까지 각각 97.07 mm, 96.69 mm 그리고 94.83 mm로 성장하여 평균 0.25 mm/day의 일간성장률로 성장이 느려졌다. 그러나 6월에 수하한 인공종묘는 양성장별로 양성 일수에 따른 각고 성장 패턴에 차이를 보였다 (df=2, F=9.518, P<0.001, ANCOVA). 평균 각고 5 mm 내외 종묘를 수하하여 양성 20일째 통영 양성장과 고성 양장은 각각 14.63 mm과 15.82 mm로 성장하여 일간 성장율이 평균 0.34 mm/day 있지만, 거제 양장에 수하한 종묘는 11.06 mm로 성장하여 일간 성장율이 0.26 mm/day로 두 양성장보다 현저하게 낮았다 (P<0.001). 양성 90일째 통영 양장과 고성 양장은 각각 71.24 mm과 64.90 mm로 일간성장률이 평균 0.76 mm/day였지만, 거제 양장은 55.87 mm로 일간 성장율이 0.68 mm/day로 두 양장과는 현저한 차이가 있었다 (P<0.001). 양성시험 종료일 200일째에도 통영과 고성 양성장에서 각각 98.27 mm와 97.59 mm로 성장하여 일간 성장률이 평균 0.30 mm/day의 일간 성장율을 나타내었지만, 거제 양장은 81.29mm로 0.26 mm/day의 일간 성장률로 다른 두 양장에 비해 낮은 성장을 보였다 (P<0.001).

이상의 결과에서 4월과 5월에 수하한 인공종묘의 각고성장

패턴은 양성기간동안에 양성장별로는 차이가 없었고, 6월에 수하한 인공종묘의 각고 성장 패턴과는 차이를 보였다 (P<0.001). 4월과 5월 수하구의 성장패턴은 양성 50일과 60일 동안 0.20-0.25 mm/day 였던 일간 성장율이 양성 140-160일에는 0.58-0.60 mm/day로 빠른 성장을 보였고, 이후 양성 230-250일에는 0.22-0.25 mm/day로 감소하는 기울기가 완만한 성장곡선을 보였다. 반면 6월 수하구는 거제 양장을 제외하고, 양성 20일째 평균 일간 성장율이 0.34 mm/day로 성장이 빨랐고, 양성 90일까지 0.76 mm/day의 일간 성장율로 급격한 성장 양상을 보여 기울기가 가파른 성장곡선을 나타내었다.

수하시기에 따라서는 전 양성 기간 중의 일간 성장율은 서로 다르지만, 각 계절별 일간성장률은 가장 성장이 활발한 여름철에는 0.58 mm/day이상의 높은 일간 성장율을 나타내다가, 양성말기 가을철에는 모두 0.26 mm/day 이하로 저하되어 수하시기에 따른 차이가 거의 없었다.

### 3. 수하시기 및 양성장별 인공종묘의 육중량 변화

각 양성장별 양성일수에 대한 육중량의 변화식은 Table 4와 같다. 수하시기를 달리한 인공종묘의 양성장별 육중량 성장을 살펴보면 (Fig. 3), 4월에 수하한 인공종묘의 경우 양성 190일째까지는 양성장별 차이가 없었다 (통영 양성장 4.27 g, 거제 양성장 4.42 g, 그리고 고성 양성장 4.02 g). 그러나 양성 210일째는 고성 양장이 다른 두 양장에 비해 육중량이 다소 낮았고 (통영 양성장 6.06 g, 거제 양성장 6.41 g 그리고 고성 양성장 5.06 g), 양성 250일째도 각각 12.19 g, 13.49 g 그리고 8.02 g 으로 고성 양장이 현저히 낮은 육중량 값을 나타내었다 (P<0.05). 5월에 수하한 경우 양성 190일째 거제

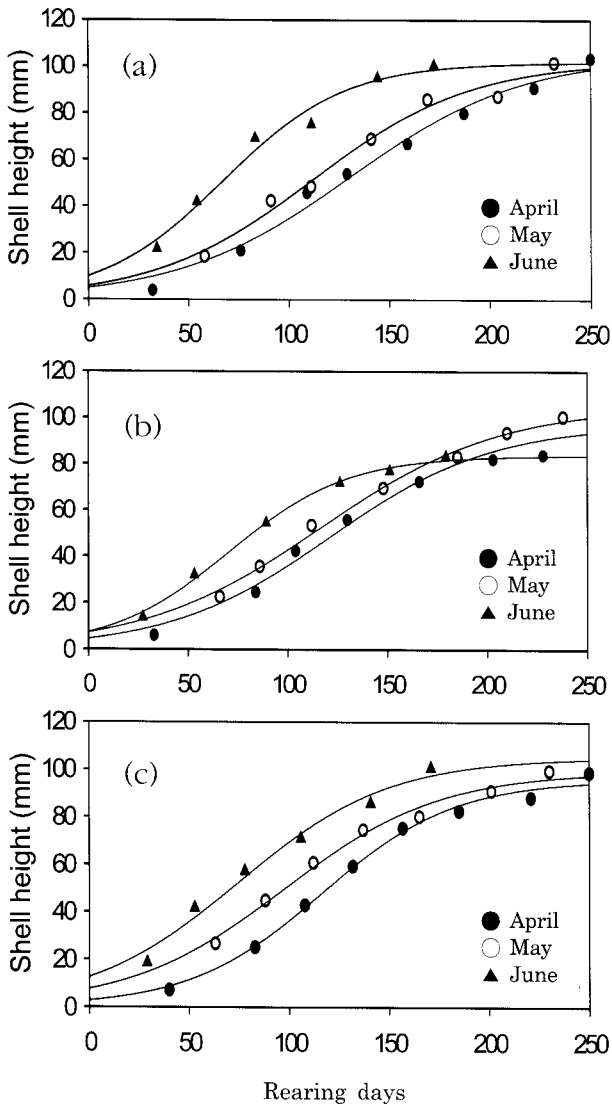


Fig. 2. Shell growth pattern of artificial oyster spat in Tongyeong (a), Geoje (b) and Gosung (c). The shell growth of the oysters were significantly changed depending on suspended time ( $P < 0.01$ ) and the oyster suspended in June showed the highest growth rate at all farming area, expect no significant difference after 150 in Gosung

양성장이 6.40 g으로 두 양성장에 비해 다소 높았고 (통영 양성장 5.93 g, 고성 양성장 5.24 g), 양성 200일째는 고성 양성장 (5.91 g)이 다른 두 양성장 (통영 양성장 7.02 g, 거제 양성장 7.58 g)보다 현저하게 낮아 실험종료일까지 이러한 패턴이 유지되었다 ( $P < 0.05$ ). 6월에 수하한 경우, 양성 150일째부터 통영 양성장 해역이 다른 양성장에 비해 높은 값을 나타내었고 ( $P < 0.05$ ), 이후에도 통영 양성장 > 거제 양성장 > 고성 양성장 순으로 육중량에 차이를 보여 양성 200일째 각각

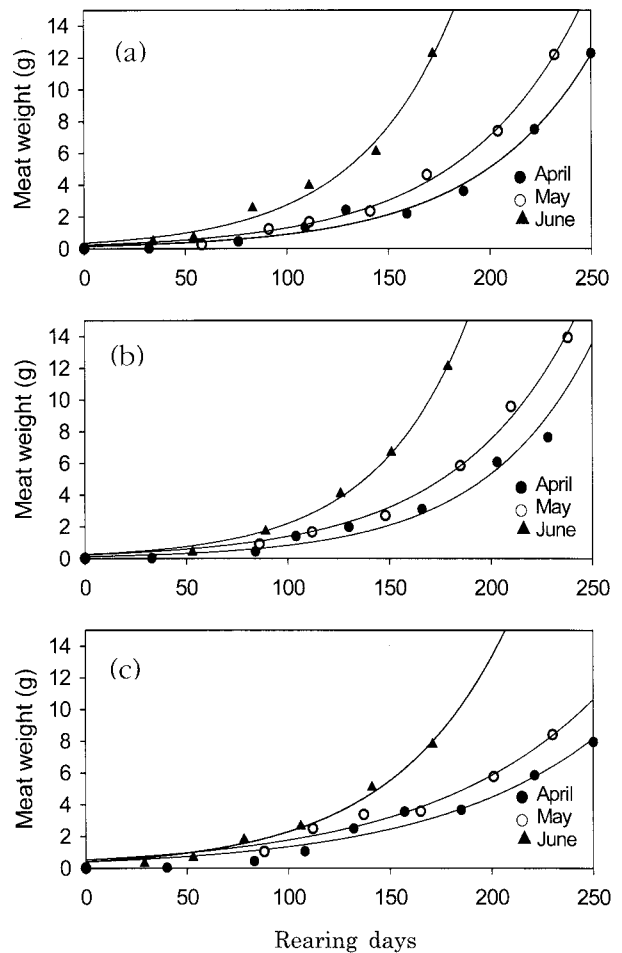


Fig. 3. Meat growth pattern of artificial oyster spat in Tongyeong (a), Geoje (b) and Gosung (c). The meat growth of the oysters were significantly changed depending on suspended time ( $P < 0.01$ ), which the oyster suspended in June showed the highest growth rate at all farming area.

통영 양성장 21.57 g, 거제 양성장 19.20 g 및 고성 양성장 13.24 g으로 현저한 차이를 나타내었다 ( $P < 0.05$ ). 이상과 같이 동일한 시기에 수하한 인공종묘의 육중량의 차이는 수온하강기이후 10월부터 현저하게 나타났고, 고성 양성장에 수하한 종묘의 육중량이 다른 양성장에 비해 현저하게 낮은 경향을 보였다 ( $P < 0.05$ ). 한편, 4월 수하한 종묘는 양성 190일째에는 4.02-2.42 g이었고, 210일째에 5.06-6.41 g으로 약 190-210 일 사이에 육중량이 상품크기인 5 g에 도달하는 것으로 조사되었지만, 5월에 수하한 경우 190일째 5.24-6.40 g으로 4월보다는 현저하게 상품크기에 도달하는 시기가 단축된 것을 볼 수 있었고, 6월에 수하한 경우는 150일째에 이전에 도달하는 것으로 조사되었다. 따라서 최초 수확시기는 수하시기와는 관계 없이 대부분 11월에는 가능한 것으로 조사되었다.

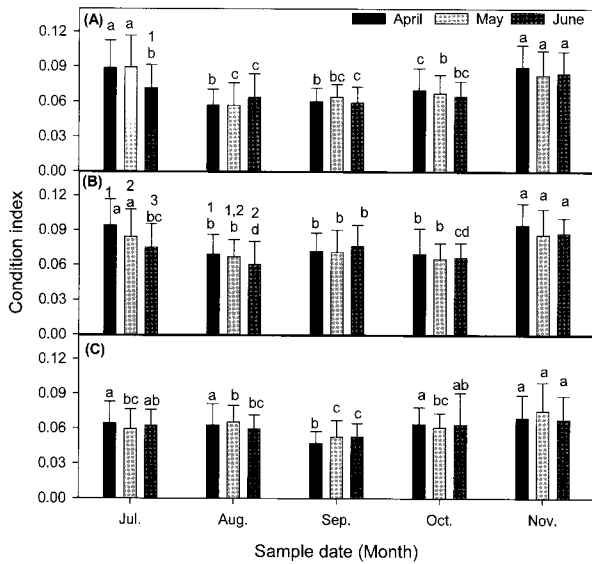


Fig. 4. Changes in condition index of the oyster suspended at Tongyoeng (A), Geoje (B) and Gosung (C), respectively. CI was significantly changed by suspended time of artificial spats during whole cultural period except at November ( $P < 0.05$ ; a, b, and c), however, by seasonality, only in July and August, significant differences was also observed during in Tongyeong and Geoje waters ( $P < 0.05$ ; 1 and 2).

#### 4. 수하시기 및 양성장별 인공종묘의 비만지수

양성장별 양성중인 인공종묘의 비만지수를 조사한 결과 (Fig. 4), 통영 양성장애 수하한 참굴 인공종묘의 비만지수는 조사시기에 따라 유의한 차이를 보였고 ( $P < 0.05$ ), 고수온기인 8월에 가장 낮았고, 이 후 수온의 하강과 함께 증가하는 경향을 보였다. 한편 수하시기에 따른 종묘의 비만지수의 차이는 7월을 제외하고는 유의한 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ ; 4월 = 0.085, 5월 = 0.086 그리고 6월 = 0.071).

거제 양성장애의 경우, 인공종묘의 비만지수는 조사시기에 따라 유의한 차이를 보여 ( $P < 0.05$ ), 고수온기인 8월에 가장 낮았고, 11월에 가장 높았다. 수하시기에 따른 비만도의 차이는 7월, 8월 그리고 11월에 나타났는데 ( $P < 0.05$ ), 수하시기가 늦을수록 비만이 좋지 못하였다. 반면 9월과 10월에는 수하시기에 따른 유의한 차이가 없었다 ( $P > 0.05$ ).

고성 양성장애 조사기간 동안 인공종묘의 비만지수는 조사시기에 따라 유의한 차이를 보여 ( $P < 0.05$ ), 9월에 가장 낮았고 11월에 가장 높았다. 수하시기에 따른 비만지수는 유의한 차이를 보이지 않아 ( $P > 0.05$ ), 종묘의 비만지수는 수하시기와 관련이 없는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 인공종묘의 비만지수는 통영 양성장애와 거제 양성장애에서는 고수온기인 8월에 고성 양성장애에서는 9월에 가장 저조하고, 11월 동절기에

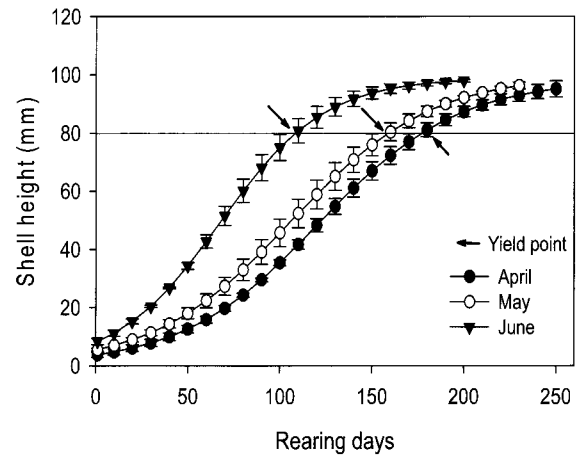


Fig. 5. Estimated shell growth depending on suspended time of shell height and rearing days. Arrows indicate the yield point during the rearing period.

접어들면서 모든 양성장애에서 비만지수가 높아짐을 알 수 있었다. 또한 조사기간 동안 고성 양성장애에 수하 양성한 인공종묘의 비만지수가 다른 양성장애에 비해 양호하지 못하였다.

비만지수를 이용해 시기별로 수하한 종묘의 산란기를 추정 한 결과, 양성해역과 수하시기에 따라 비만지수의 복합효과에 의한 차이가 있었다. 통영 양성장애와 거제 양성장애는 4월과 5월 수하한 인공종묘의 경우 8월에 산란을, 반면 고성 양성장애는 두 양성장애보다 늦은 9월에 산란이 이뤄지는 것으로 추정되었다. 6월에 수하한 종묘의 비만지수는 조사기간 동안 양성해역별로 증감이 변동하는 경향을 보여 정확한 산란기 추정이 어려웠다.

#### 5. 수하시기별 인공종묘 수확시기

각고의 성장식을 통해 유추한 인공종묘의 수하시기별 수확 시기를 추정해 보면, 통영 양성장애는 4월에 수하하여 양성 180일경, 5월에 수하 후 양성 160일경 그리고 6월에 수하 후 양성 105일경에 이르면 각고가 80 mm 내외로 종묘가 성장하여 9월이면 수확이 가능한 것으로 추정되었다. 거제 양성장애는 인공종묘 수하시기별로 각각 양성 180일경, 양성 170일경 그리고 양성 170일경에 수확이 가능하여, 즉 4월과 5월에 수하한 인공종묘는 9월과 10월에, 6월에 수하한 종묘는 11월로 추정되었다. 고성 양성장애는 수하시기별로 각각 170일경, 150일경 그리고 115일경에 수확이 가능하여 모두 9월로 추정되었다 (Fig. 5).

육중량 5 g이 되는 시점은 통영 양성장애가 수하시기별로 각각 200일경, 180일경 그리고 130일경으로 10월에 수확이 가능하였고, 거제 양성장애는 각각 195일경, 175일경 그리고 140일경으로 이 양성장애 또한 10월에 수확이 가능하고, 고성 양성장애도 각각 210일경, 190일경 그리고 145일경으로 수확가능



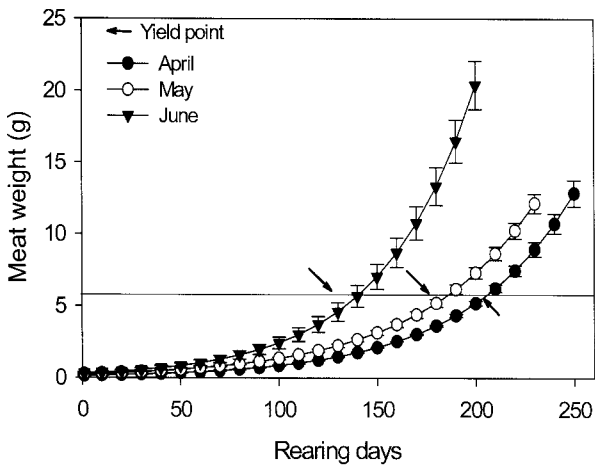


Fig. 6. Estimated meat growth depending on suspended time of meat weight and rearing days. Arrows indicate the yield point during the rearing period.

시기가 10월로 추정되었다 (Fig. 6).

이상의 결과에서 인공종묘의 수확시기는 각고의 크기를 기준할 시에는 9월부터 가능하나, 육중량을 기준할 시에는 10월부터 수확이 가능한 것으로 추정된다. 그리고 6월에 수확한 종묘는 4월과 5월에 수확한 인공 종묘보다 각고 및 육중의 성장이 빨라 양성 일수를 줄일 수 있는 장점이 있었다.

### 고 찰

패류의 성장은 서식환경의 수온, 염분, 영양염, 먹이생물, 해수의 유동 등 물리화학적 요인의 복합적인 작용에 의해 영향을 받는다 (Lim *et al.*, 1975, Malouf and Breese, 1977; Incze *et al.*, 1980). 굴의 성장은 일반적으로 패각과 연체부 성장으로 나뉘어지며, 패각 성장은 해수중의 칼슘이온을 이용한 biomineralization의 결과이므로 먹이의 양에 의한 영향을 보다 적게 받고 주로 수온에 의한 영향을 받게 된다 (Mount *et al.*, 2004; Cho, 2006). 한편 육중의 성장은 가을철 수온이 20℃이하로 내려가는 수온 하강기에 빠르게 일어나지만 이는 먹이 풍부도와 먹이의 구성 등과 관련이 있다.

이 연구 결과에서도 각장의 성장은 수온에 영향을 받았는데, 각 양성해역에 수확한 인공종묘의 각장에 대한 일간 성장율이 4월수하구는 양성 60일부터 160일까지 0.58 mm/day, 5월수하구는 양성 50일부터 140일까지 0.60 mm/day, 6월수하구는 양성 20일부터 90일까지 0.76 mm/day로, 이 시기는 수온이 상승하는 6월부터 고수온기인 8월과 일치하여 패각의 성장이 가장 빠르게 이루어진다는 것을 알 수 있었다. 또한 수온이 하강하는 10월 이후부터 실험 종료 시까지 일간성장률은 수하시기별로 각각 0.22 mm/day, 0.25 mm/day 그리고

0.30 mm/day로 수온이 하강하면서 패각의 성장이 느려지는 것을 확인할 수 있었다. 한편 6월수하구는 4월과 5월수하구에 비해 일간성장률이 다소 높았는데, 이는 4-5월 수온 상승폭보다 6월 상승폭이 더 높아 패각 성장이 더욱 촉진된 것으로 생각된다.

수하 후 참굴 인공종묘의 육중량 성장은 지수함수적인 성장곡선을 나타내었고, 초기 성장은 비교적 더디지만 어느 시점이 되면 육중량이 급격하게 증가하였다. 수하시기별로 육중량의 급격한 성장시점은 4월수하구는 양성 150일경, 5월수하구는 120일경 그리고 6월수하구는 양성 90일경으로 이 시기는 수온이 하강하는 9월경으로 추정되었고, 이후 수확시기까지 지수함수적으로 육중량이 급격히 증가하였다. 그러나 이러한 초기 성장지체기의 기간이나 육중량 성장변곡점 이후의 성장률은 양성장에 따라 차이가 있었다. 특히 내만해역인 고성양성장은 두 양성장에 비해 초기 성장지체기간도 길고, 성장변곡점 이후 육중의 성장율도 현저하게 낮았다. 이는 먹이가용성 (food availability)과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. Brown *et al.*(1988)에 따르면 육중은 수온과 염분이 적절하여도 식물플랑크톤의 양이 적을 경우 성장이 심각히 저하된다고 보고하였고, Spencer and Grough (1978)도 빠른 성장을 위해서는 먹이가 충분해야 한다고 보고하고 있다. 또한 한산-거제만에서 양식되는 굴의 비만에 미치는 영향에 관한 연구결과에서도 굴의 육중의 비만 저조현상은 수온이나 염분과 같은 물리적 환경요인보다는 먹이와 관련성이 깊다고 고찰하였다 (Choi *et al.*, 1997). 우리의 조사에서도 각 양성장별 수온 및 클로로필량을 비교한 결과 고성 양성장의 수온 변화는 통영, 고성 양성장과 비슷하였으나, 클로로필 농도는 두 양성장에 비해 평균적으로 낮은 값을 보였다 (Fig. 7). 이는 각부의 성장은 수온의 상승에 따라 완만하게 이루어지는데 반해 연체부의 주성장기인 수온하강기에 접어들면서 클로로필 농도가 낮아 육중의 성장이 둔화된 것으로 생각된다 (Yoo *et al.*, 1972; Choi *et al.*, 1997).

이때패류의 비만지수의 월별 변화상은 생식소 발달과정과 상호 밀접한 연관성이 있어 생식소의 성숙도를 간접적으로 추정하는데 이용되어 왔다 (Hamamoto and Oobayashi, 1985). 새조개 (Chang and Lee, 1982), 북방대합 (Lee *et al.*, 1997), 꼬막 (Lee, 1997), 왕우럭 (Kim *et al.*, 1999) 그리고 키조개 (Lee *et al.*, 2006)의 생식주기에 대한 연구에서 비만지수는 생식소의 발달과 함께 증가하고, 생식세포의 방출 후에는 감소하므로 비만지수의 월별 변화가 생식소의 조직학적 관찰과 함께 이때패류의 산란기 추정을 위한 중요한 지표로 활용되고 있다. 우리 조사결과 4-5월수하구는 비만지수의 급격한 변화에 따라 산란시기를 추정할 수 있었으나, 6월수하구에서 여름철 비만지수의 급격한 변화를 관찰할 수 없었다.

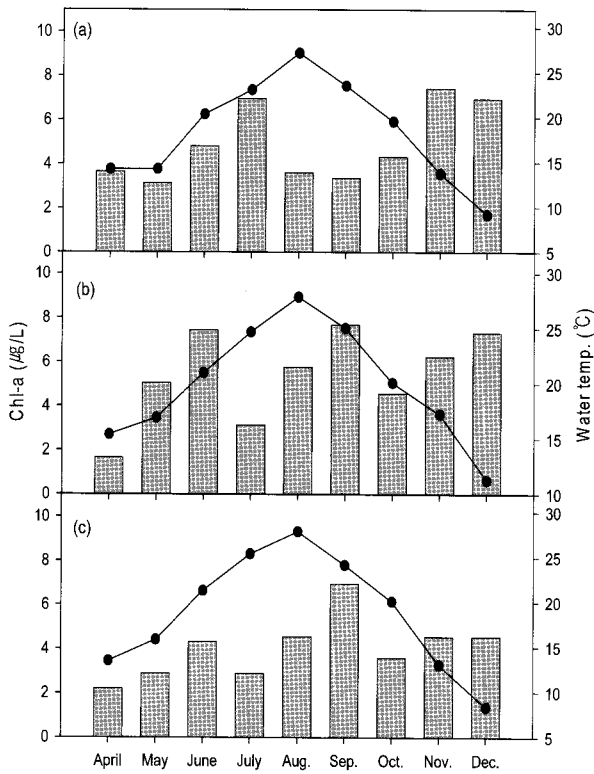


Fig. 7. Changes of environmental factors (bar is Chl-a and dotted line is water temperature) in the experimental sites, (a) Tongyeong, (b) Geoje and (c) Gosung, respectively.

이는 수하이후 수온상승에 따라 성장을 위한 에너지 이용률이 높아 생식소 형성에 저해를 가져올 수 있는 것으로 생각되지만, 어린 굴 종묘 (juvenile)의 성장에 따른 생식소의 조직학적인 조사 및 에너지 대사에 대한 관련 연구가 병행하여 수행되어야만 정확한 진단이 이루어 질 것으로 판단된다.

조기 생산된 인공종묘를 통한 양성실험 결과, 각고 및 육중량 성장은 두 가지의 뚜렷한 유형인 4-5월수하구 (봄철 수하구)와 6월수하구 (여름철 수하구)로 구별되어 진다. 각장의 경우 봄철 수하구는 전 양성기간을 통해 완만한 성장을 보이며 목표치에 도달하는데 비교적 오랜 양성기간이 소요되는 반면, 여름철 수하구는 양성초기부터 급격한 성장이 이뤄지는 것으로 조사되었다.

육중량의 경우는 수하시기와 관계없이 지수함수적 패턴을 나타내었지만, 초기 성장정체기가 수하시기에 따라 확연한 차이가 있었다. 봄철 수하구는 정체기간이 120-150일 전후로 매우 길어진 반면, 여름철 수하구는 90일 전후로 매우 빠른 성장을 보였다 (Fig. 6). 특히 육중량의 성장에 있어 봄철수하구의 성장 정체 및 억제기간이 길어지는 현상은 여름철 비만지수의 급격

한 감소와 함께 산란에 참여하기 때문으로 생각되며, Jeong *et al.* (1999)도 수하시기를 달리한 자연종묘의 육중변화에서 육중량의 감소는 산란기와 연관성이 깊다고 고찰하였다.

성장식을 이용하여 굴의 평균 각고 80 mm와 습중량 5 g을 기준으로 수확시기를 추정한 결과 6월에 수하한 종묘는 양성일수가 4-5개월 소요되고, 4월과 5월에 수하한 종묘는 6-7개월 정도 소요되므로, 6월 수하하는 경우가 양성 일수를 줄일수 있는 장점이 있었다. 따라서 동절기 굴 인공종묘의 조기 생산으로 수하시기를 앞당겨 양성하면 당년에 수확이 가능한 것으로 판단되고, 이러한 생물학적인 기초자료를 토대로 가장 생산단가가 높은 수확시기에 맞추어 인공종묘의 생산시기를 조절하면 계획적인 양식이 가능할 것으로 생각된다. 양성기간의 단축은 소요경비 절감 등 많은 시너지 효과를 기대할 수 있으므로 최근 대외수출부진 및 대체소비 방안 확보의 어려움으로 침체에 있는 굴 양식산업의 수익성 개선에도 도움이 될 것으로 판단된다.

### 요 약

봄철 실내에서 조기 생산된 인공종묘가 수하시기를 달리하여 양성 시 당년에 수확이 가능한 지 여부를 파악하기 위해 인공종묘의 각장, 육중 및 비만도 변화를 조사하였다.

경남수산자원연구소에서 생산된 인공종묘는 각각 4월, 5월 그리고 6월에 통영, 거제 그리고 고성 of 굴 양성해역에 수하하였다. 각장의 성장은 6월부터 8월경까지 빠르게 이루어졌고, 10월 이후 각장의 성장도 서서히 감소하였다. 4월과 5월 수하한 종묘의 각고 성장은 양성기간동안 해역별로 동일한 양상을 보였다. 육중의 성장은 수하초기부터 9월까지의 완만한 증가를 보이고 10월부터는 급격한 증가를 나타내었다. 해역별 육중량의 차이가 10월경부터 나타났고, 이 후 고성 양성장이 통영 양성장과 거제 양성장에 비해 육질의 증육이 다소 늦은 경향을 보였다.

비만지수는 4-5월에 수하한 경우 통영 양성장과 거제 양성장에서는 8월에, 고성 양성장에 수하한 종묘는 9월에 산란하는 것으로 추정되지만, 6월수하구 경우 정확한 산란기 추정이 어려웠다.

인공종묘의 수확시기는 양성 해역별로 다소의 차이는 있으나 평균 각고 80 mm 기준 시 9월부터, 습중량 5 g으로 기준 시에는 10월부터 당년에 수확이 가능한 것으로 나타났다. 그리고 6월에 수하한 종묘는 수확시기까지 4-5개월 소요되고, 4월과 5월에 수하한 인공 종묘는 6-7개월 소요되어 6월에 수하하면 양성일수를 줄일수 있는 장점이 있었다.

### REFERENCES

Bae, G.M. (1973) Studies on the suspended culture of

- oyster, *Crassostrea gigas* in the Korean coastal water (II) on the growth rate of oyster by four regional growing area. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Korea*, **11**: 59-69. [In Korean]
- Bae, P.A., Kim, J.E., Kang, P.A. and Kim, Y. (1976) Studies on the suspended culture of oyster, *Crassostrea gigas* in the Korean coastal water (III) on the growth rate of oyster depending on the environmental factors in the each growing area. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Korea*, **15**: 73-81. [In Korean]
- Brown, J.R. and Hartwick, E.B. (1988) Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. I. Absolute and allometric growth. *Aquaculture*, **70**: 231-251.
- Chang, Y.J. and Lee, T.Y. (1982) Gametogenesis and reproductive cycle of the cockle, *Fukvia mutica* (Reeve). *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **15**: 241-253. [In Korean]
- Cho, S.M. (2006) Effect of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) on the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*. Thesis for Doctorate, Gyeongsang National University, pp. 168.
- Choi, W.J., Chun, Y.Y., Park, J.H. and Park, Y.C. (1997) The influence of environmental characteristics on the fatness of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, Hansan-Koje Bay. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **30**: 794-803. [In Korean]
- Hamamoto, S. and Oobayashi, T. (1985) The suitable time for taking eggs and some problems in breeding the larvae of shell, *Tresus Keenae* (Kuroda et Habe). *Bulletin of Kagawa Prefecture Fisheries Experiment Station*, **22**: 1-9. [In Japanese]
- Incze, L.S., Luts, R.A. and Watling, L. (1980) Relationships between effects of environmental temperature and seston on growth and mortality of *Mytilus edulis* in temperate northern estuary. *Marine Biology*, **57**: 147-156.
- Jeong, W.G., Cho, S.M. and Cho, C.H. (1999) Suspended time dependent meat weight increase of oysters, *Crassostrea gigas*, in Pukman Bay, Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **15**: 41-47. [In Korean]
- Kim, D.H., Lim, H.K., Min, K.S., Chang, Y.J. and Kim, T.I. (1999) Reproductive cycle of surf clam (*Tresus keenae*) in southern coast of Korea. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **32**: 659-663. [In Korean]
- Lee, J.H. (1997) Studies on the gonadal development and gametogenesis of the granulated ark, *Tegillarca granosa* (Linne). *The Korean Journal of Malacology*, **13**: 55-64. [In Korean]
- Lee, J.Y., Chang, Y.J. and Lee, C.S. (1997) Reproductive cycle of surf clam, *Spisula sachalinensis*. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **30**: 132-138. [In Korean]
- Lee, S.J., Min, K.S., Kim, B.G., An, C.M., Ju, S.M. and Lee, J.S. (2006) Gonad development and gametogenic cycle of the pen shell, *Atrina Pectinata* (Bivalvia: Pinnidae). *Journal of the Korean Fisheries Society*, **39**: 398-403. [In Korean]
- Lim, D.B., Cho, C.H. and Kwon, W.S. (1975) On the oceanographic conditions of oyster farming area near Chungmu. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **8**: 61-67. [In Korean]
- Malouf, R.E. and Breese, W.P. (1977) Seasonal changes in the effects of temperature and water flowrate on the growth of juvenile Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg. *Aquaculture*, **12**: 1-13.
- Min, S.K., Kim, T.I., Hur, S.B., Hur, Y.B., Chun, C.Y. and Kim, D.H. (1999) Growth and survival of the artificial and natural seeding in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Bulletin of National Fisheries Research and Development Korea*, **57**: 43-53. [in Korean]
- Mount, A.S., Wheeler, A.P., Paradkar R.P. and Snider, D. (2004) Hemocyte-mediated shell mineralization in the eastern oyster. *Science*, **304**: 297-300.
- Park, M.S., Lyu, H.Y. and Lee, T.S. (1999) Investigation on the cause of bad natural seed collection of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, relationships between the conditions of mother shell and the viability of the released eggs and larvae based on the pathological and embryological survey. *Journal of the Korean Fisheries Society*, **32**: 62-67.
- Spender, B.E. and Gough, C.J. (1978) The growth and survival of experimental batches of hatchery-reared spat of *Ostrea edulis* L. and *Crassostrea gigas* Thunberg using different methods of tray cultivation. *Aquaculture*, **13**: 293-312.
- Yoo, S.K., Yoo, M.S. and Park, J.N. (1972) Biological studies on the oyster culture (I) growth of the *Crassostrea gigas*. *Bulletin of Pusan Fisheries College*, **12**: 63-76. [In Korean]
- Yoo, S.K., Park, J.S., Chin, P., Chang, D.S., Lim, K.B., Park, C.K., Hong, S.Y., Cho, C.H., Hue, J.S., Lee, S.S., Kang, P.A., Park, K.Y., Lee, M.S. and Kim, Y. (1980) Comprehensive studies on oyster culture in Hansan-Geoje Bay. *Bulletin of Fisheries Research and Development Agency*, **24**: 7-46. [In Korean]
- Yoo, S.K. and Park, K.Y. (1981) Biological studies on oyster culture (III) oyster growth comparison between 4 farms in Hansan-Geoje bay and density-dependent relative shell growth. *Bulletin of Korean Fisheries Society*, **13**: 207-212. [In Korean]