Kor J Fish Aquat Sci 44(3), 259-266
DOI:10.5657/KFAS.2011.0259

한수지, 44(3), 259-266, 2011

갯벌참굴 (*Crassostrea gigas*) 양식을 위한 부착기질별 하나굴 종묘 생산과 수평망식 시설을 이용한 배수체별 치패 성장 비교

임현정*·이태식[1]·조필규[2]·백상호[3]·변순규[2]·최은희
국립수산과학원 서해수산연구소, [1]남서해수산연구소, [2]남동해수산연구소, [3]수산자원조성사업단

The Production Efficiency of Cupped Oyster *Crassostrea gigas* Sprat According to Clutch and Growth Comparing Diploid and Triploid Oysters in Off-bottom Culture for Tidal Flat Utilization

Hyun Jeong Lim*, Tae Seek Lee[1], Pil Gue Cho[2], Sang Ho Back[3], Soon-gyu Byun[2] and Eun Hee Choi
West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Incheon 400-420, Korea
[1]Southwest Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Yeosu 556-823, Korea
[2]Southeast Sea Fisheries Research Institute National Fisheries Research & Development Institute, Tongyoung 650-943, Korea
[3]Korea Fisheries Resources Agency, Busan 612-020, Korea

To produce cupped oyster sprat consistently, we investigated the efficiency of nine settlement substrates using selective breeding of Pacific oyster *Crassostrea gigas*, with the goal of popularizing off-bottom culture on the west coast of Korea. We also compared the growth and survival of selectively bred sprat (diploid) with triploid sprat from an off-bottom culture system. Considering, the attachment rate and detachment efficiency, producing cupped oyster in a polypropylene gunny bag proved to be the most effective method. There were no differences in shell growth or total weight between the diploids from selective breeding and triploids from off-bottom culture for 5 months. However, the survival rate was 8 times higher in the diploids than the triploids. Transplanting sprat from selective breeding is one way to restore oyster farms and nurture off-bottom culture along the west coast.

Key words: *Crassostrea gigas*, Cupped oyster, Off-bottom culture

서 론

국내 참굴 양식 생산량은 2010년 26만톤에 달하였다 (FPS, 2010). 서해안에서 생산되는 굴 생산량은 2007년까지 국내 총생산량의 5% 정도를 차지하였으나, 2007년 12월 허베이 스피리트호에 의한 유류 유출 사고로 인하여 태안 지역의 참굴 양식 시설이 모두 철거되고 자연산 굴도 폐사 혹은 오염되어 2008년 생산량은 국내 생산량의 1% 미만으로 급감하였다. 이에 서해안 참굴 양식 산업 복원 및 부흥을 위한 방안이 다각적으로 모색되고 있으며, 그 일환으로 수평망식 양식 방법이 2008년부터 도입되기 시작하였다. 수평망식 양식은 프랑스, 미국, 캐나다 및 호주 등의 국가에서 대규모로 행해지는 기술로 하나굴 형태로 생산된다 (Shaw, 1969; Parsons, 1974; Mallet et al, 2006; Bouchet and Sauriau, 2008; Manley et al., 2009). 하나굴은 국내에서 일반적으로 생산되는 수하식 양식 굴에 비하여 패각의 손상이 없고, 형태가 일정할 뿐만 아니라 일반 굴에 비하여 비만도도 높아 고부가가치를 지닌 상품으로 판매가 가능하다 (Parsons, 1974; Paynter and Dimichele, 1990; Soletchnik et al., 2001).

하나굴 형태의 참굴 치패 공급은 수평망식 양식의 성패와 경제적 효율성을 좌우하는 가장 중요한 요인이다. 국내 참굴 인공종묘생산은 1990년대 개발되어, 2010년 현재 250만개의 채묘연이 생산될 정도로 매우 보편화되어 있는 기술이나 하나굴 종묘는 일부 민간업체를 제외하고는 생산이 전무한 실정이다. 현재 국내 민간업체에서 생산·보급되는 하나굴 치패는 모두 3배체로 알려져 있으며 3배체 처리 비용과 특허권으로 인하여 보급 단가가 50원 이상으로 형성되어 있다. 또한 3배체 굴 종패는 수급 상황에 따라 단가 상승의 위험이 높아 수평망식 양식 기술의 보급을 위해서는 값싼 하나굴 종패의 보급이 무엇보다 요구된다.

3배체 굴의 생산 기술은 1980년대 초 개발되기 시작하였다 (Stanley et al., 1981). 3배체 굴은 약품 처리나 온도 자극 등을 통하여 난모세포의 극체 방출을 억제하거나 2배체 굴과 4배체

*Corresponding author: hjlim@nfrdi.go.kr

굴을 교배하여 3n의 상동염색체가 되도록 만들고 이로 인하여 감수분열시 염색체 분리에 이상을 일으켜 불임이 되도록 처리한 것으로 (Beaumont et al., 1991) 현재 굴 양식 산업의 중요한 부분으로 자리잡아가고 있다. 특히 3배체 굴은 불임의 특징으로 인하여 성 성숙을 위해 필요한 에너지를 성장에 전용함으로써 성장이 빠르고 글리코겐 함량이 높아 부가가치를 높일 수 있는 것으로 알려져 있다 (Allen and Downing, 1986; Nell et al., 1994). 또한 3배체 생물의 산란하지 않는 특징은 유전자의 교란을 줄임으로써 양성 해역의 생물다양성을 보호하며 자원 밀도를 조절하는 방안으로 이용되기도 한다 (Allen and Wattendorf, 1987). 그러나 서해안의 경우 앞서 언급한 바와 같이 유류 유출 사고에 의하여 참굴 자원이 급감한 상태이므로 우량 모패 자원을 회복할 수 있는 건강한 자원을 조성해 나갈 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 3배체 굴의 생산성을 대체할 만한 2배체 하나굴 치패를 보급하고자 우량 모패를 이용한 하나굴 치패의 생산 기술을 개발하고 나아가 양식장에 시설된 치패의 초기 성장을 관찰하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

하나굴 생산을 위한 모패 관리 및 성숙 유도

하나굴 생산을 위한 모패는 국립수산과학원 남동해수산연구소에서 보존 중인 각고 12.0±1.2 cm의 품종개량 4세대 참굴 50마리를 사용하였다 (NFRDI, 2010). 성숙 유도는 유수식으로 자연 해수에 3일간 안정시킨 후, 28℃에 달할 때까지 일간 2℃씩 온도를 상승시키고 이후에는 수온을 계속 유지하는 방법을 이용하였다. 먹이는 *Nitzschia* sp., *Chlorella ellipsoidea*, *Tetraselmis tetrathele*를 같은 비율로 혼합하여 사육수조에 $20 - 30\times10^4$ cells/mL의 농도가 유지되도록 연속 공급하였고 동시에 영양강화를 위하여 생물다당 (Huiying Bios., China), 복합비타민 (Huiying Bios., China), Spirulina 분말 (Huiying Bios., China), 수산효모 (Angel yeast Corp., China) 및 간효모 (Goldenbeach Corp., China)를 각각 매일 2 - 3 g/10^3 L 공급하였다.

채란 및 유생 사육

성숙 유도된 모패를 25℃에서 간출자극 (5시간 간출, 1시간 유수식 수조 수용)하여 $5{,}000\times10^4$개의 수정란을 얻은 후 28℃, 4×10^3 L FRP 수조에서 수정란을 부화시켰다. 2주 후 부착기 유생 (각장 314.7 ± 12.3 μm×각고 328.96 ± 13.6 μm)이 관찰되었으며 부착기 유생까지의 생존율은 10%였다.

부착기질별 하나굴 생산효율

채묘는 부착기 유생 출현 2일 후 4×10^3 L FRP 수조 2개에 1개체/mL의 밀도로 유생을 수용하여 실시하였다. 채묘기는 하나굴 분리에 효율적인 기질을 선정하기 위하여 100 μm 망목의 뮬러 가제, 하우스용 비닐, 전복 채묘용 평판, 곡물 보관용 PP 마대자루, 모기장용 망목 1 mm PE 망, 망목 10 mm 어망용 나일론 그물, 망목 10 mm PE 플라스틱망, 굴 패각 및 가리비 패각의 9가지 종류를 사용하였다.

실험에 사용된 채묘기 중 굴과 가리비 패각은 60 cm 나일론 끈에 60개의 패각을 끼운 것을 3연씩 함께 묶어 채묘기로 사용하였으며, 이외 7종의 채묘기는 30×50 cm 크기로 제작하여 10 cm 간격으로 5개씩 수직 방향으로 조립하였다. 수조 위에는 6 cm의 각목을 100 cm 간격으로 수평으로 3개 설치한 후 제작된 채묘기를 3 반복으로 수직 고정하였다.

부착 치패는 채묘기 투입 후 15일간 유수식으로 관리하였다. 수온은 25±1℃, 먹이는 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Nitzschia* sp., *Tetraselmis suecica*의 5종을 같은 비율로 혼합하여 $10 - 20\times10^4$ cells/mL로 유지되도록 연속 공급하였다. 채묘 시작 16일 후 각고 2 - 3 mm로 자란 치패는 남동해수산연구소 남해양식연구센터 패류 중간 육성장으로 가이식되었다. 3달 후 채묘기질에서 치패를 수작업으로 박리하였으며 이때 채묘기별 10×10 cm의 면적에 부착된 치패수와 생산된 치패의 하나굴 분리 성공률로 하나굴 생산 효율성을 판단하였다.

수평망식 양식

치패의 입식: 중간 양성 후 박리한 하나굴 치패는 7월 하순에 아이스 팩이 담긴 스티로폼 박스에 넣고 해수로 적신 티슈를 덮어 서해안의 수평망식 양식 시설로 운송하였다. 운반된 치패 중 수평망식 양식에 사용된 개체는 총 3×10^4마리였으며 300개체씩 100개의 양성망에 입식되었다.

장소: 인천군 옹진군 영흥면 용담어촌계 마을어장 내에 양식시설을 설치하였다 (Fig. 1). 수평망식 양식시설은 (주)씨에버에서 제작된 것으로 104×80×70 cm의 구조물에 5 mm 망목의 50×80 cm 크기의 양성망을 2개씩 얹어 고정한 것으로 50 set를 연결하여 하루 3시간 30분 공기에 노출되는 곳에 설치하였다 (Fig. 2).

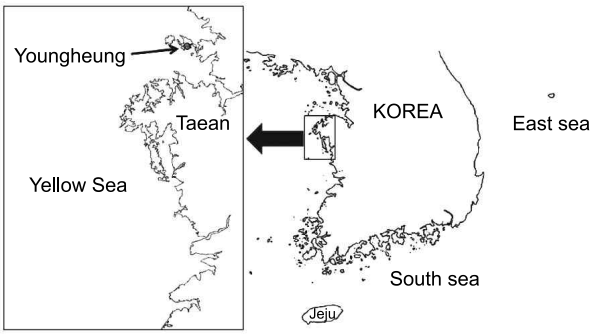

Fig. 1. Location of the study area.

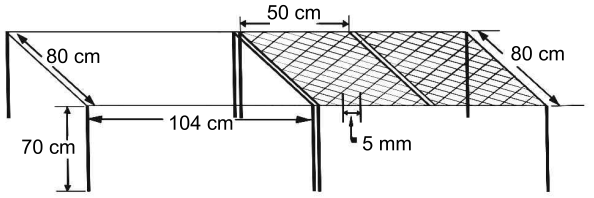

Fig. 2. Schemetic diagram of off-bottom culture facility.

하나굴 성장 및 폐사율

우량모패에서 생산되어 수평망식 양성 시설에 입식된 치패(이하 우량 치패로 표기)를 대상으로 월 1회 성장과 폐사율을 조사하였다. 또한 우량 치패의 성장과 폐사율을 민간업체에서 생산, 보급하고 있는 3배체의 성장 및 폐사율과 비교・분석하였다. 성장은 각고, 각장, 각폭, 전중량 및 육중량을 50개체씩 버니어캘리퍼스 (CD-20CPX, Mitutoyo Corp., Japan)와 전자저울 (HH320, Ohaus Corp., USA)을 이용하여 측정하였다. 또한 측정값을 근거로 Degremont et al. (2010)의 방법으로 일간 증중량 (DGR)※을 계산하였다. 폐사율은 양성망 내의 총 개체수 중 죽은 개체수의 백분율로 환산하였다.

$$\text{※Daily growth rate (\%)} = \frac{\text{last total weight (g) - initial total weight (g)}}{\text{initial total weight (g)} \times \text{rearing days}} \times 100$$

양식 환경의 적합성 여부를 판단하기 위하여 매월 1회 수평망식 양식 시설이 설치된 지역의 수온, 염분, 용존산소, pH, COD 및 영양염류 (NO_3-N, PO_4-P)를 측정하였다. 수온, 염분, 용존산소 및 pH는 YSI 6000 microprobe system (Yellow Springs, YSI Life Science, OH, USA)을 사용하여 현장에서 측정하였다. COD 및 영양염류는 해양환경공정시험법 (MOMAF, 2005)에 따라 분석하였다.

통계분석

부착기질별 채묘율의 유의성 검정과 박리 효율은 t-test (쌍체비교)로 실시하였다 (P<0.05). 우량종패 2배체와 민간업체에서 생산된 3배체의 각고와 전중량 차이는 매월 측정값을 ln 값으로 환산하고 지수식으로 추세선을 구한 뒤, 추세선의 기울기에 대한 유의차를 0.05 수준에서 t-test를 통하여 유의성을 검정하였다. 일간 증중량과 폐사율의 차이 또한 t-test (쌍체비교)로 유의성을 검정하였다 (P<0.05). 통계 프로그램은 MS Excel 2007을 사용하였다.

결과 및 고찰

부착기질별 하나굴 생산효율

채묘율: 채묘기별 치패 부착수는 수하식 양식을 위하여 일반적으로 많이 사용되고 있는 굴 패각과 가리비 패각에 60.7±40.7 개/10 cm^2, 48.9±20.6 개/10 cm^2가 부착하여 채묘율이 높게 나타났다. 다음은 PP 마대자루와 비닐에 각각 30.3±15.9 개/10 cm^2, 15.1±4.2 개/10 cm^2가 채묘되어 우수한 채묘 성적을 나타내었다. 이밖에 전복 채묘용 평판, PE 어망, 뮬러가제, PE 플라스틱망, PE 모기장 등에는 치패가 각각 0, 0.4±0.2, 0.5±0.3, 0.8±0.4 및 2.3±0.3 개/cm^2가 부착하여 하나굴 채묘용 기질로 부적합한 것으로 조사되었다 (Table 1).

Table 1. Number of collected oyster sprat by cultch

Collector	Oyster Shell	Scallop Shell	Vinyl film	Muller gauze	Plastic				
					※1Corrugated Board	PP Gunny bag	PE Mosquito Net	PE Fishing Net	PE Plastic Net
No. of spat/10 cm^2	60.7±40.7^{a}	48.9±20.6^{ab}	15.1±4.2^{c}	2.3±0.3^{d}	0.8±0.4^{e}	30.3±15.9^{b}	0.4±0.2^{f}	0^{g}	0.5±0.3^{ef}
Efficiency of detachment (%)	22.7±5.5^{b}	20.5±3.8^{b}	100^{a}	100^{a}	100^{a}	100^{a}	100^{a}	100^{a}	100^{a}

※1. Being used for abalone sprat collection; Different superscripts express P value (P<0.05), which mean the data are significantly different between experimental groups.

하나굴 박리 효율: 채묘 3달 후 중간육성장에서 양성한 참굴의 성장은 각고 2 - 3 cm, 생존율은 95% 이상으로 부착기질에 따른 차이를 나타내지 않았다. 채묘기별 하나굴 분리 성공률은 PP 마대자루, 비닐, PE 어망, PE 모기장, PE 플라스틱판, 뮬러가제 등에서는 100% 패각의 손실없이 분리가 가능하였으나 굴 패각과 가리비 패각에서는 각각 22.7%, 20.5%만 패각의 손실없이 분리가 되어 작업 효율성이 현격히 낮아 하나굴 생산의 채묘기로 사용하기에 부적합한 것으로 조사되었다 (Table 1). 따라서 본 실험에서 사용한 채묘기 중 하나굴 생산을 위한 최적 재료는 PP 재질인 것으로 파악되었으며, 다음은 비닐의 순으로 조사되었다.

일반적으로 양식 생물의 인공종묘 생산기술이 보편화되기 위해서는 쉽고 간단한 방법으로 저비용에 생산할 수 있어야 한다. 이를 위해서 굴과 같은 부착성 패류는 보다 쉽고 편리하게 많은 양을 채묘할 수 있어야 한다. 부착기로 발달한 패류 유생은 특정 부착기질에 대한 선호도를 가지며 (Wethey, 1986), 물리・화학적, 역학적 요인에 의하여 다양한 채묘율의 변동을 보여준다 (Hidu and Hasken, 1971; Phelger and Cary, 1983; Weiner et al., 1989; Fitt et al., 1990; Baker, 1997). 현재 우리나라에서 보편화되어있는 굴 종묘생산 기술은 가리비 혹은 굴 패각을 채묘기로 이용하여 부착기로 발달한 유생을 부착시키는 것이다 (Choi et al., 1998; Min et al., 1999; Yang et al., 2001). 일반적으로 하나굴 형태의 굴 생산을 위해서는 FAO (2004)에서 보고한 것처럼 굴 유생이 부착기에 달했을 때 굴 패각을 0.025 mm 정도로 미세하게 갈아놓은 가루가 있는 수조에 수용하여 부착시킨 후 치패가 서로 엉기거나 바닥에 붙는 것을 방지하기 위하여 수류를 밑에서 위로 교반하며 관리해 주는 기술을 사용한다. 그러나 이러한 기술의 사용을 위해서는 새로운 시스템의 구축이 필요하므로 본 실험에서는 국내에 발달되어 있는 굴 종묘생산기술과 시스템을 이용하여 손쉽게 하나굴을 생산하고자 하였다.

채묘기 혹은 사육 탱크에 부착한 부착성 패류를 떼어 내기 위해서는 도구를 이용하여 물리적으로 떼어내는 방법 혹은 해수의 고압분사 방법이 사용된다 (Heasman et al., 1994; Rose

and Baker, 1994). 그러나 치패는 패각이 깨지기 쉬워 연체부의 손상까지 이어질 수 있으므로 부착기질에서 분리해 내는 작업은 폐사율을 높이는 주요 원인이 되며 (Taylor et al., 1997) 작업의 난이도에 따라 인건비의 상승 요인이 될 수도 있다. 따라서 부착 치패의 분리에 효율적인 방법이나 기질을 파악하는 것은 하나굴 종패 생산의 단가를 낮추는 데 중요한 요인이 된다. 이러한 이유로 Heasman et al. (1994)이나 Tayler et al. (1998)과 같은 연구자들은 진주조개와 가리비를 대상으로 부착치패의 분리에 효과가 있는 물리적 방법을 조사하여 pH, 염분, 공기 노출 등이 효과가 있는 것으로 보고하였다. 그러나 이러한 방법의 도입은 치패 분리 후 장시간 운송되어야 하는 본 실험에서 폐사율을 높일 우려가 있어 사용하지 않았다.

Devakie and Ali (2002)는 하나굴 채묘를 위하여 PE 플라스틱 파판, 대리석 조각, 그물 조각 등을 이용하여 효율적 부착기질에 관한 실험을 진행하고, 그 중 가장 효과가 좋았던 PE 파판에 굴 패각을 갈아서 만든 칼슘 가루를 입혔을 때와 부착성 식물플랑크톤과 같은 biofilm을 만들어 주었을 때의 효과를 조사한 결과 biofilm의 효과보다는 칼슘 가루를 묻히는 것이 효과가 있는 것으로 보고하였다. 이러한 결과를 토대로 본 실험에서는 다양한 플라스틱 기질을 채묘기질로 사용하여 보았는데, 표면이 다소 거친 PP 마대자루에서 채묘율이 가장 높았으며 분리도 잘 되는 것으로 조사되었다. 이처럼 다양한 플라스틱 기질 중 가장 표면이 거친 마대자루와 굴 및 가리피 패각에서 채묘율이 높았던 것을 감안하면, 굴 유생의 채묘율에는 부착기질의 질감이 매우 중요한 영향을 미치는 것으로 판단된다. 그 밖에 비닐을 이용한 채묘율도 PP 마대자루 다음으로 높았는데 비닐 표면에 Devakie and Ali (2002)와 같이 굴 패각 가루 등을 입힌다면 더욱 효율적인 채묘기질로 이용 가능할 것으로 생각된다.

수평망식 양식 시설에서 자란 하나굴의 성장

양식환경: 수평망식 양식 시설이 설치된 해역의 수온은 4.4℃ (12월) - 24.52℃ (8월) 범위로 조사되었다 (Fig. 3). 환경요인 중 굴의 수평 분포와 성장에 가장 큰 영향을 미치는 것은 수온과 염분이다. 특히 수온은 굴의 생리적 지표로 이용되는 비만도 환산에 필수적인 각내 용적의 증가와 밀접한 관계를 가진다 (Kim, 1999). 참굴의 서식 수온 범위는 매우

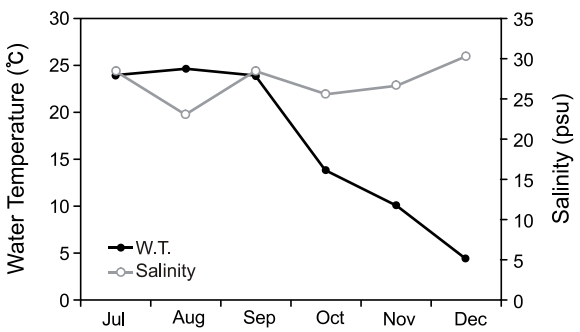

Fig. 3. Monthly changes of water temperature and salinity in study area.

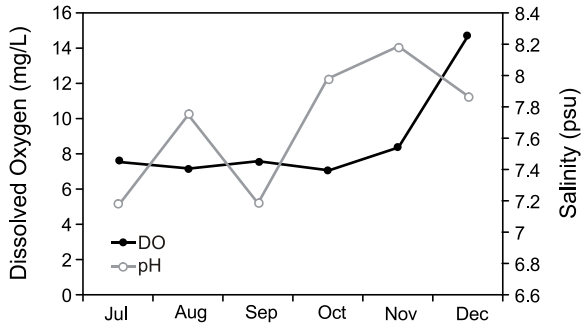

Fig. 4. Monthly changes of dissolved oxygen and pH in study area.

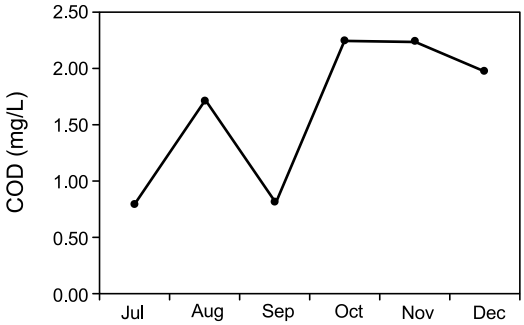

Fig. 5. Monthly changes of COD in study area.

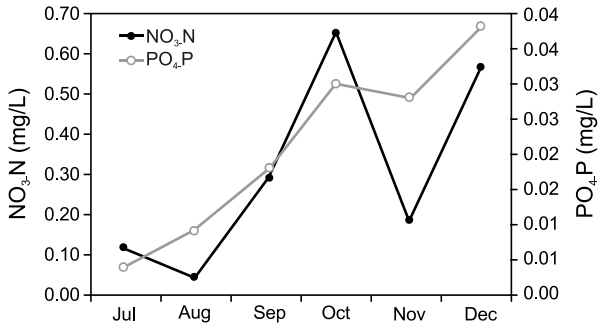

Fig. 6. Monthly changes of NO_3-N and PO_4-P contents in study area.

광범위하나 일반적으로 남방종의 경우 10 - 26℃, 북방종의 경우 11 - 25℃에서 성장하는 것으로 보고되어 있으며, 버지니아 굴의 경우 수온이 5℃ 이하로 내려가면 성장이 정지되는 것으로 알려져 있다 (Kim, 1999). 본 시험이 수행된 영흥도 해역의 수온은 12월에 4℃ 정도로 낮았던 것을 제외하면 굴 성장에 양호한 수온 범위였다. 또한 12월의 굴 폐사율 또한 전월에 비해 급증하지 않아 생존에 치명적인 영향을 줄 정도는 아니었던 것으로 조사되어 수온의 측면에서 굴 양식에 적합한 해역으로 판단된다.

시험 양식이 실시된 해역의 염분은 23.1 psu (8월)-30.2 psu (12월)의 범위였다 (Fig. 3). 참굴은 광염성 종으로 20-26 psu가 최적 염분 농도로 보고되어 있으며 (Kim, 1999), Guo et al. (1996) 또한 3배체 참굴 생산에 적합한 염분이 20-24 psu라고 보고하였으므로 12월을 제외한 전 시험기간의 염분 범위가

적합한 것으로 조사되었다.

이외 용존산소는 7.14 mg/L (10월) - 14.7 mg/L (12월), pH는 7.1 - 8.2 범위로 해수 수질 등급Ⅰ (참돔・방어 및 미역 등 수산생물의 서식・양식 및 해수욕에 적합한 수질)에 해당하여 굴 양식에 적합한 환경으로 조사되었다 (Fig. 4). 또한 COD와 질산염 및 인산염 농도 또한 해수 수질 등급 Ⅱ (등급 Ⅰ의 해역에서 서식양식에 적합한 수산생물 외의 수산생물의 서식・양식에 적합한 수질)에 해당하여 굴 양식에 적합한 환경으로 조사되었다 (Fig. 5, 6).

성장도: 각고의 성장은 Fig. 7에서 보는 바와 같이 양성 5개월까지 우량종패와 3배체 간 차이가 없는 것으로 분석되었다. 또한 전중량에 있어서도 우량종패와 3배체간 차이가 없는 것으로 조사되었다 (Fig. 8). 이러한 전중량 측정 결과를 토대로 일간 증중량을 분석한 결과, 8월의 증중량은 우량종패가 3배체보다 다소 높았으며 (P<0.05), 이외의 시기에는 우량종패와 3배체간 증중량이 차이가 없는 것으로 조사되었다 (Fig. 9).

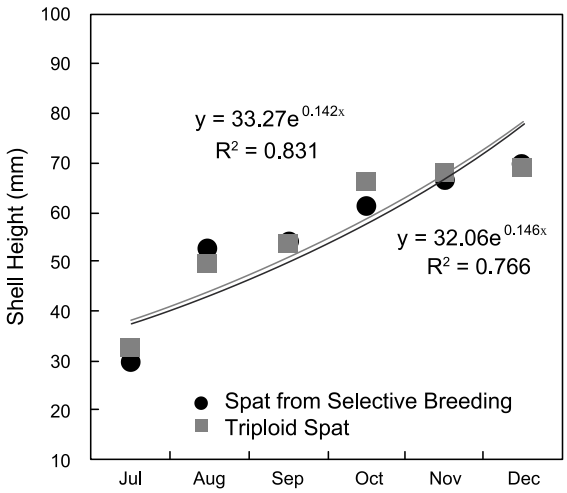

Fig. 7. The growth of shell height in experimental oysters.

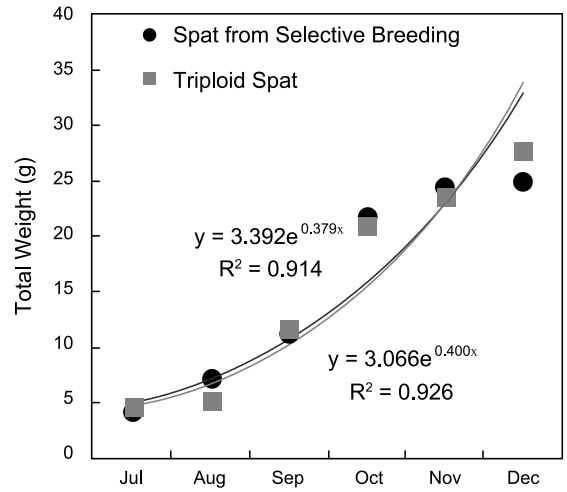

Fig. 8. The changes of total weight in experimental oysters.

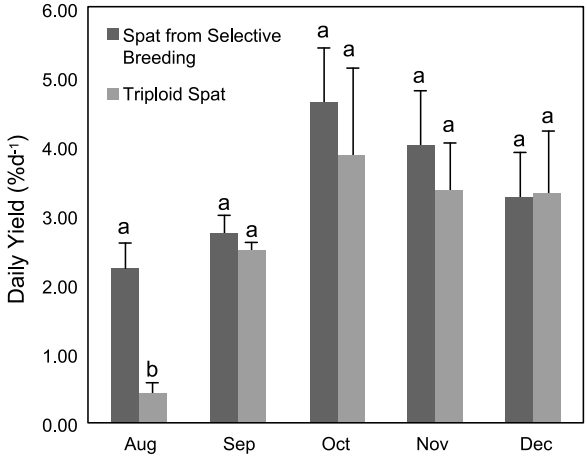

Fig. 9. Daily yield changes of experimental oysters. Different superscripts express P value (P<0.05), which mean the data are significantly different between experimental groups.

일반적으로 굴을 비롯한 패류의 선택 교배는 성장이 빠르고 질병에 대한 내성이 강하며, 생존율이 높고 소비자들이 선호하는 패각의 모양이나 색깔을 가지게 하기 위하여 실시한다 (Sheridan, 1997). 그 중 특히 성장과 관련된 특징은 선택 교배를 통하여 빠르게 효과를 볼 수 있는 것으로 알려져 있다 (Langdon et al., 2003; Zheng et al., 2004). 이 실험에서 모패로 사용한 굴은 성장이 빠르고 육질부 비율이 높은 굴을 계대보존한 것이므로 일반 굴에 비하여 빠른 성장이 기대되었으나 남해안산 굴을 서해안에 이식하여 남해안과 다른 양식 방법으로 양식하여도 우수한 성장과 생존율을 얻을 수 있을지는 의문이었다. 실험 결과 수평망식 방법으로 5개월간 양성한 우량종패와 3배체는 각 성장과 중량에 있어 차이가 없었으며 또한 같은 해역에서 채묘된 일반 굴의 12월 각고와 전중량이 4 cm, 10 g 내외임을 감안할 때 우량 종패의 성장이 우수하였다고 판단된다.

3배체 굴의 성장과 생존율을 2배체와 비교 조사한 연구자들은 여름철 성장과 생존율은 3배체가 높았으며, 겨울철 성장과 생존율은 2배체와 차이가 없다고 보고하였다 (Beaumont and Fairbrother, 1991; Nell et al., 1994). 그러나 본 실험에서는 이와는 반대의 경향을 나타내었다. 즉, 여름철 성장은 2배체에서 더 빨랐으며, 이후 겨울철에는 2배체와 3배체의 성장이 비슷한 수준으로 조사되었다. Jiang et al. (1993)은 8개월 미만의 3배체 진주조개 치패의 성장을 두 그룹으로 나누어 조사한 결과 3 그룹 중 1 그룹에서는 2배체와 3배체간 성장차가 없었다고 보고하였으며, Mason et al. (1998)과 Laing and Utting (1994)는 2배체와 3배체의 에너지 이용에 대하여 조사한 결과 치패 시기에는 차이가 없음을 보고한 바 있다. 따라서 본 실험에서 우량종패가 3배체보다 야외 이식 초반에 빠른 성장을 보인 이유는 다음과 같은 원인이 복합적으로 작용한 결과로 추측된다. 첫째, 사용된 모패의 산지별 성장 특성에 의한 차이, 즉 참굴 중 북방종은 유생이 착생한 당년에는 그다지 성장하지 않고 착생 2년째인 익년 봄부터 왕성한 성장을 보이는

반면 남방종은 착생 후 곧 성장을 시작하여 익년 봄까지 왕성한 성장을 보이다가 이후 착생 2년째 겨울에는 오히려 북방종보다 성장도가 낮아지는 경향이 있는 특성 (Kim, 1999)에 의한 것으로 우량종패는 남방종 모패를 사용한 반면 3배체는 북방종 모패를 사용한 차이에 의한 것을 생각해 볼 수 있다. 둘째, 우량종패의 생산에 이용한 모패의 성장 특성 발현. 본 실험에 사용한 우량 모패는 최대 12 - 15 cm까지 빠르게 성장하는 특징을 지닌 것으로 이러한 형질이 수평망식 양식에서도 발현되어 3배체에 비해서도 느리지 않은 성장 속도를 나타낸 것으로 생각된다. 셋째, 3배체의 성장 특성 미발현. 2배체와 3배체 간 성장 차이를 가장 확연하게 보여주는 기간은 여름철 산란기이다. 그러나 입식 초기의 우량종패는 Fig. 8과 9에서 보는 바와 같이 8 - 10월까지의 전중량과 일간 증중량이 빠르게 증가하고 있어 산란 활동이 미미하였음을 보여준다. 즉, 성 성숙과 산란에 에너지를 전용하지 않음으로써 3배체와의 성장 차이가 적었던 것으로 판단된다. 입식 당시 우량종패의 크기는 각고 3 cm 내외로 일부 개체는 성 성숙이 이루어졌으나 대다수의 개체는 입식 당해연도보다는 이듬해 여름철에 본격적인 성 성숙이 이루어지게 되므로 3배체의 빠른 성장을 아직 기대할 수 없었기 때문으로 판단된다.

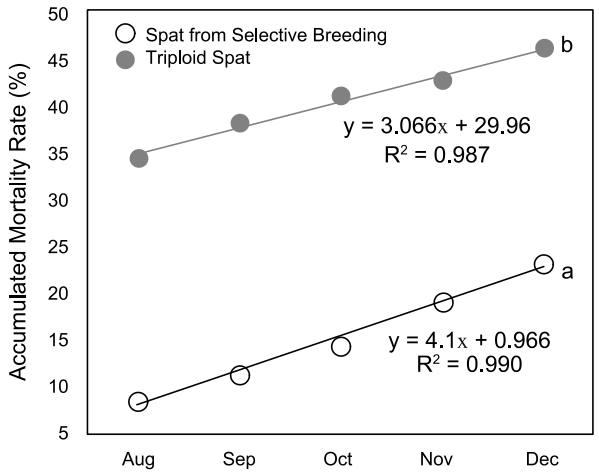

Fig. 10. Accumulated mortality rate of experimental oysters. Different superscripts express P value (P<0.05), which mean the data are significantly different between experimental groups.

폐사율: 2배체와 3배체 굴의 5개월 누적 폐사율은 2배체가 20.0%, 3배체가 45.3%로 2배체에 비하여 3배체의 폐사율이 2.27 배 가량 높았다 (P<0.05). 특히 양식장 이식 초기인 8월의 폐사율은 2배체가 4% 정도였던 반면 3배체는 32.50%로 3배체의 폐사율이 2배체에 비하여 8배나 높게 나타났다 (Fig. 10). 2배체와 3배체 굴의 폐사율을 조사한 연구 결과들에 의하면 굴의 여름철 폐사는 주로 성 성숙과 산란에 의한 것으로 3배체의 폐사율이 훨씬 낮게 조사되고 있다 (Gagnaire et al., 2006). 반면 겨울철 폐사는 *Perkinsus marinus*나 *Mikrocytos roughleyi*와 같은 기생성 질병에 의한 예가 많이 보고 되고 있으며 이러한 질병에 감염된 2배체와 3배체간 폐사율의 차이는 없는 것으로 보고되어 있다 (Barber and Mann, 1991; Meyers et al., 1991; Smith et al., 2000). 본 실험에서의 폐사는 입식 1개월 후인 8월에 대량 발생하였으나 양성 중인 굴이 아직 치패인 관계로 산란 활동과 밀접하게 관련되어 있지 않았다. 따라서 이 시기에 3배체에서 높은 폐사율을 보인 것은 수평망식 양성 전 굴의 먹이 섭취에 따른 에너지 저장율, 양성 환경 차이에 의한 스트레스 차이 혹은 운송 과정 중 취급에 의한 손상 등 굴의 생리 상태와 관련이 있는 것으로 추정된다. 현재 서해안에 보급되고 있는 3배체 굴의 초기 폐사율은 본 실험과 비슷한 정도의 수준으로 조사되고 있어 (미발표자료) 향후 이에 관한 원인 규명과 폐사율을 낮추기 위한 노력이 요구된다. 따라서 향후에는 본 연구 결과를 토대로 우량 모패에서 생산된 2배체 하나굴과 3배체 하나굴의 성장 특성에 관한 관찰을 지속하여 경제성 및 생산성 분석을 실시하고 또한 남해안에서도 2배체 하나굴 양성 시험을 실시하여 서·남해안 간 지역적 성장 특성을 비교 분석할 예정이다. 이는 국내 참굴 양식의 생산성을 높이는 하나의 방안이 될 것으로 여겨진다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 권역별 현장애로 해소사업 “참굴 우량종패 양성기술 및 웰빙 기능성 상품 개발” (RP-2011-AQ-030)의 일환으로 수행되었습니다. 본 실험에 협조해 주신 인천 영흥도 용담어촌계 황태성 어촌계장님께 깊이 감사드립니다. 또한 본 실험을 지원해주신 국립수산과학원 서해수산연구소 장인권 박사님, 김다운씨, 동해수산연구소 문태석 박사님, 남동해수산연구소 임영섭 선생님, 김정우 선생님, 수산자원조성사업단 이재남씨께 감사드립니다.

참고문헌

Allen Jr SK and Downing SL. 1986. Performance of triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg). Ⅰ. Survival, growth glycogen content and sexual maturation in yearlings. J Exp Mar Biol Ecol 102, 197-208.

Allen Jr SK and Wattendorf RJ. 1987. Triploid grass carp: Status and management implications. Fisheries 12, 20-24.

Baker P. 1997. Settlement site selection by oyster larvae, *Crassostrea virginica*: evidence for geotaxia. J Shellfish Res 16, 125-128.

Barber BJ and Mann R. 1991. Sterile triploid *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) grow faster than diploids but are equally susceptible to *Perkinsus marinus*. J Shellfish Res 10, 445-450.

Beaumont AR and Fairbrother JE. 1991. Ploidy manipulation in molluscan shellfish: a review. J Shellfish Res 10, 1-18.

Bouchet VMP and Sauriau PG. 2008. Influence of oyster culture practices and environmental conditions on the ecological status of intertidal mudflats in the Pertuis Charentais (SW France): A multi-index approach. Marine Pollution Bulletin 56, 1898-1912.

Choi YS, Cho YR, Jeong DS. Lee CS, Kim SU and Chung YK. 1998. Seed collection of Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg) in the west sea of Korea. Bull Natl Fish Res Dev Ins 54, 37-45.

Degremont L, Bedier E and Boudry P. 2010. Summer mortality of hatchery-produced Pacific oyster spat (*Crassostrea gigas*). Ⅱ. Response to selection for survival and its influence on growth and yield. Aquaculture 299, 21-29.

Devakie MN and Ali AB. 2002. Effective use of plastic sheet as substrate in enhancing tropical oyster (*Crassostrea iredalei* Faustino) larvae settlement in the hatchery. Aquaculture 212, 277-287.

FAO. 2004. Hatchery culture of bivalves: a practical manual. FAO Fisheries Technical Paper, 471.

Fitt WK, Coon SL, Walch M, Colwell RR and Bonar DB. 1990. Settlement behaviour of oyster larvae (*Crassostrea gigas*) in response to bacterial supernatants. Mar Biol 106, 389-394.

FPS (Fisheries Production Survey). 2010. Statistic Database for Fisheries Production. Retrieved from http://fs.fips.go.kr/index.jsp.

Gagnaire B, Soletchnik P, Madec P, Geairon P, Moine OL and Renault T. 2006. Diploid and triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg), reared at two heights above sediment in Marennes-Oleron Basin, France: Difference in mortality, sexual maturation and hemocyte parameters. Aquaculture 254, 606-616.

Guo X, DeBrosse GA and Allen Jr SK. 1996. All-triploid Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) produced by mating tetraploids and diploids. Aquaculture 142, 149-161.

Heasman MP, O'Connor WA and Frazer AW. 1994. Detachment of commercial scallop *Pecten fumatus*, spat from settlement substrates. Aquaculture 123, 401-407.

Hidu H and Hasken H. 1971. Setting of the American oyster related to environmental factors and larval behaviour. Proc Natl Shellgish Assoc 61, 35-50.

Jiang W, Li G, Xu G, Lin Y and Qing N. 1993. Growth of the induced triploid oyster, *Pinctada martensii (*D.). Aquaculture 111, 245-253.

Kim YH. 1999. Oyster culture. In: Invertebrate culture. Daekyoung Press, Daejeon, Korea, 11-69.

Laing I and Utting SD. 1994. The physiology and biochemistry of diploid and triploid Manila clam (*Tapes philippinarum* Adams and Reeve) larvae and juveniles. J Exp Mar Biol Ecol 184, 159-169.

Langdon C, Evans F, Jacobson D, Blouin M. 2003. Yields of cultured Pacific oysters *Crassostrea gigas* Thunberg improved after one generation of selection. Aquaculture 220, 227-244.

Mallet AL, Carver CE and Landry T. 2006. Impact of suspended and off-bottom Eastern oyster culture on the benthic environment in eastern Canada. Aquaculture 255, 362-373.

Manley J, Power A and Walker R. 2009. Comparison of techniques for off-bottom culture of the eastern oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) in Georgia. Occasional papers of the University of Georgia Marine Extension Service 6, 1-18.

Mason KM, Shumway SE, Allen SK and Hidu H. 1998. Induced triploidy in the soft-shelled clam *Mya arenaria*: energetic implications. Mar Biol 98, 519-528.

Meyers JA, Burreson EM, Barber BJ and Mann R. 1991. Susceptibility of diploid and triploid Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) and eastern oysters, *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) to *Perkinsus marinus*. J Shellfish Res 10, 433-437.

Min KS, Kim TI, Hur SB, Hur YB, Park DW, Lee HY and Hwang MS. 1999. Studies on the artificial spat collection method for the Pacific oyster *Crassostrea gigas (*Thunberg). Bull Natl Fish Res Dev Ins 57, 35-41.

MOMAF (Ministry of Maritime Affairs & Fisheries). 2005. Standard methods for the examination of sea water, sediment and marine organism. Seoul, Korea. 389.

Nell JA, Cox E, Smith IR and Maguire GB. 1994. Studies on triploid oysters in Australia. Ⅰ. The farming potential of triploid Sydney rock oysters *Saccostrea commercialis (*Iredale and Roughley). Aquaculture 126, 243-255.

NFRDI. 2010. Selective breeding of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. 2009 Report of National Fisheries Research & Development Institute, 1-23.

Parsons J. 1974. Advantages in tray cultivation of Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in Strangford Lough, N. Ireland. Aquaculture 3, 221-229.

Paynter KT and Dimichele L. 1990. Growth of tray-cultured oysters (*Crassostrea virginica* Gmelin) in Chesapeake Bay. Aquaculture, 87, 289-297.

Phelger CF and Cary SC. 1983. Settlement of spat of the purple-hinge rock scallop *Hinnites multirugosus (*Gale) on artificial collectors. J Shellfish Res 3, 71-73.

Shaw WN. 1969. The past and present status of off-bottom oyster culture in North America. Transactions of the American Fisheries Society 98, 755-761.

Sheridan AK. 1997. Genetic improvement of oyster production - a critique. Aquaculture 153, 165-179.

Smith IR, Nell JA and Adlard R. 2000. The effect of growing level and growing method on winter mortality, *Mikrocytos roughleyi*, in diploid and triploid Sydney rock oysters, *Saccostrea glomerata*. Aquaculture 185, 197-205.

Soletchnik P, Moine OL, Goulletquer P, Geairon P, Razet D, Faury N, Fouche D and Robert S. 2001. Optimisation of the traditional Pacific cupped oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) culture on the French Atlantic coastline: autumnal fattening in semi-closed ponds. Aquaculture 199, 73-91.

Stanley JG, Allen Jr SK and Hidu H. 1981. Polyploid induced in the American oyster, *Crassostrea virginica* with cytochalasin B. Aquaculture 23, 1-10.

Taylor JJ, Rose RA and Southgate PC. 1997. Inducing detachment if silver-lip pearl oyster (*Pinctada maxima*, Jameson) spat from collectors. Aquaculture 159, 11-17.

Taylor JJ, Southgate PC and Rose RA. 1998. Assessment of artificial substrates for collection of hatchery-eared silver-lip pearl oyster (*Pinctada maxima*, Jameson) spat. Aquaculture 162, 219-230.

Rose RA and Baker SB. 1994. Larval and spat culture of the Western Australian silver- or gold-lip pearl oyster, *Pinctada maxima* Jameson (Mollusca: Pteriidae). Aquaculture 126, 35-50.

Yang MH, Kim HS, Lee JY and Han CH. 2001. Artificial mass culture of flat oyster larvae, *Ostrea denselamellosa* and collection rates according to various spat collection methods. Korean J Malacol 17, 35-44.

Weiner RM, Walch M, Labare MP, Bonar DB and Colwell RR. 1989. Effect of biofilms of the marine bacterium *Alteromonas colwelliana (*LST) on set of the oysters *Crassostrea gigas (*Thunberg, 1793) and *C. virginica (*Gmelin, 1791). J Shellfish Res 8, 117-123.

Wethey DS. 1986. Ranking of settlement cues by barnacle larvae: influence of surface contour. Larval invertebrate workshop. Bull Mar Sci 19, 393-400.

Zheng HP, Zhang GF, Liu X, Zhang FS, Guo XM. 2004. Different responses to selection in two stocks of the bay scallop. *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819). J Exp Mar Biol Ecol 313, 213-223.

2011년 2월 22일 접수
2011년 5월 6일 수정
2011년 6월 8일 수리