

벗굴, *Ostrea denselamellosa*, 유생의 인공대량사육과 채묘방법에 따른 채묘율

양문호, 김형섭¹, 이재용², 한창희²

국립수산진흥원 남해수산연구소, ¹군산지방해양수산청 부안수산기술관리소, ²동의대학교 생물학과

Artificial Mass Culture of Flat Oyster Larvae, *Ostrea denselamellosa*, and Collection Rates according to Various Spat Collection Methods

Moon Ho Yang, Hyung-Sub Kim¹, Jae-yong Lee² and Chang Hee Han²

Namhae Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Agency, Namhae 668-820, Korea

¹Gunsan Regional Maritime Affairs and Fisheries Office, Buan Fisheries Technology Institute, Buan 570-850, Korea

²Department of Biology, Donggeui University, Busan 614-714, Korea

ABSTRACT

This research was conducted to develop seedling production techniques in flat oyster, *Ostrea denselamellosa*. The cultivation of larvae, artificial spat and spats collection in natural conditions rate were examined. In the mass culture tank (3 tons), average growth rates of the D Shape larvae of initial shell length (153.4 μm) and shell height (153.4 μm) were 202.6% and 212.9% at 16 days and 227.1%, 241.8% at 20 days, respectively. Instantaneous death and survival rate of the larvae were 0.160 and 54.8% at 16 days and 0.057 and 43.2% at 20 days, respectively.

Collection rate of flat oyster from bottom using various collectors with oyster shell, scallop shell, ark shell and PVC plates were 32.9%, 24.1%, 16.8% and 10.0%, respectively. and the greatest collecting rate was 131.9 individuals/shell (32.9%) in laid collectors on the bottom. The collecting rate of the oyster larvae were better in laid collectors on the bottom 83.8 individuals/collection than in the suspended string 54.2 individuals/collection. in all collecting substrates.

Early spats settled on collectors were grew to 2.38 ± 0.97 mm in shell length and 2.16 ± 0.86 mm in shell height at 26 days. The spats were grew to 28.58 ± 2.39 mm in shell length and 31.65 ± 2.03 mm in shell height during the 4 month mid-term cultivation. In the period of cultivation, the mean number of spats attached to collectors were 10.3 individuals at oyster shells, 5.8 scallop shells, 4.0 ark shells and 1.5 PVC plates, respectively.

Keywords: Flat oyster, Larvae, Artificial seed, Mass culture, *Ostrea denselamellosa*.

서론

우리나라에서 가장 넓게 서식분포하며 산업적으로 큰 비중을 차지하고 있는 참굴은 대한제국 말기에 몇몇 일본인들이 면허를 얻으면서 재래식인 송지식, 투석식, 말목수하식 등으로 시작된 이후, 1969년 남해안을 중심으로 연승수하식 양식방법이 보급되면서 생산성이 크게 증가하여 왔다. 그러나 1990년대에 들어서면서 해마다 채묘의 불안정으로 생산량의 변동 폭이 커질 뿐만 아니라 점차 줄어들고 있다.

최근에는 타이어를 이용한 양식에 이르기까지 양식방법이 다양화되고 있으며, 또한 참굴을 껍질째 구워 먹기 시작함에 따라 굴을 하나씩 떼어 낱 굴로 양식하는 채룡수하식 방법도 시도되고 있다. 그러므로 지속적인 어민소득의 증대와 굴 생산의 안정적인 공급을 위해서는 환경적응 능력이 강하고 부가

Received April 18, 2001 Accepted May 10, 2001
Corresponding author: Yang, Moon Ho
Tel: (82) 55-862-9640 e-mail: mhyang11@momaf.go.kr
1225-3480/17106

© The Malacological Society of Korea

가치성이 높은 새로운 양식 대상품종과 양식방법을 개발하여 굴 양식을 다원화 할 필요성이 요구되고 있다.

우리나라에 서식하는 굴 종류들 중 벗굴은 날 굴로서 서식생태 및 발생양상이 참굴과는 다르며, 유럽지역에서 중요시되는 넓적굴 (*Ostrea edulis*) 이나 Olympia굴 (*Ostrea lurida*) 과 같이 유생형으로 산출되어 날굴로 양식개발 가능성이 매우 높은 품종이다.

조개류의 양식을 위한 종묘확보 방법에는 자연채묘 및 인공채묘가 있지만 부착성 또는 일시 부착성 조개류의 경우 채묘기를 수중에 시설하여 여기에 부착한 치패를 양식에 활용하고 있기 때문에 양식종묘를 얻기 위한 채묘기의 투입 시기는 매우 중요하며 부착 치패의 품질 및 수량에 따라 양식의 성패를 좌우될 수 있다.

그러므로 효과적인 채묘를 위해서는 인공채묘에서는 조개류를 인공 수정시켜 부유유생의 발생 과정을 기초로 부착시기를 예상하여야 하며 자연채묘에서는 조개류의 부유유생 조사를 기초로 부착시기를 예상하고 채묘기를 시설해야 하는 것은 채묘의 기본이 된다 (Yoo and Yoo, 1974; You et al., 1988). 하지만 조개류의 채묘에 관한 연구로는 참굴 (Bae and Bae, 1972) 등에서는 찾아 볼 수 있지만 벗굴에서는 서식지의 환경 특성 (Yang et al., 1999a) 과 유생의 발생 (Yang et al., 1999b) 에 관한 자료만 보고 되었을 뿐 양식을 위한 기초생물학적 자료나 채묘에 관한 연구는 전혀 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 벗굴의 종묘확보 방안을 강구기 위하여 유생의 실내 대량사육에 의한 인공채묘 방법에 따른 채묘율 및 자연채묘시의 부착기질에 따른 채묘율에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

1. 유생의 대량사육

산란유발에 활용된 모패는 전남 고흥군 해장만 시도도 해역과 장흥군 득량만 해역에서 형망과 잠수기선으로 채취하였다. 모패는 실험실로 운반하여 산출중후가 보이는 개체는 즉시 세척한 후 산출을 유도하였고, 나머지는 1-2주일간 먹이를 공급하면서 안정 사육시킨 후 산출에 이용하였다. 유생 사육용 수조는 FRP 수조 (3 톤: 300 × 200 × 50 cm)를 사용하였다. 모패로부터 방출된 trochophore와 D형 유생을 망목 110 μm 및 80 μm 물러 거즈로 만든 여과망을 2중으로 걸러 2-3 회 세란 하였으며, 이들 유생 중에 여과망 110 μm 이상에서 얻어진 D형 유생들은 대량사육 과정에 들어갔다. 80 μm에서 얻어진 trochophore와 일부 소형의 D형 유생들은 아크릴수조 (40 × 30 × 25 cm) 에서 별도 사육시험을 실시하여 관찰하였다.

먹이는 D형 유생으로 변태한 2일부터 약하게 통기하면서 배

양한 미세조류를 공급하였다. 이들 미세조류는 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Tetracelmis suecica* 등 4종을 각각 같은 비율로 혼합하여 공급하였다. 유생 사육초기에는 사육수내의 먹이생물 농도가 0.5×10^4 cells/ml가 되도록 먹이를 공급하였고, 성장함에 따라 5×10^4 cells/ml까지 단계적으로 증가시키면서 하루에 2차례 공급하였으며, 부착기인 사육 20일경부터는 10×10^4 cells/ml를 기준으로 더욱 증가하였다.

사육수는 3 μm의 cartridge filter로 여과한 후 다시 1 μm로 정밀 여과시킨 해수로 매일 1/3씩 환수하였으며, 3-4일 간격으로 바닥에 쌓인 찌꺼기를 제거하였다. 사육수온은 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하였으며, 사육밀도는 초기에 5.8 개체/ml에서 성장이 진행됨에 따라 3 개체/ml 내외로 조절하였다. 유생의 성장 및 생존율은 유생 사육기간인 20일까지는 매일 2 리터 비커로 유생 사육조에서 1차 채취한 후 2차로 피펫을 이용하여 10 ml를 채취하여 생존율을 구하였으며, 이때 각고, 각장은 만능투형기 (Nikon V-12A) 에서 30 개체씩을 계측하였다. 아울러 유생의 호흡과 섬모의 움직임, 먹이섭취에 의한 색깔의 유무 등으로 생사를 구분하여 생존하고 있는 유생수를 추정하여 Bal and Jones의 방법 (Thorarinsdottir, 1991) 으로 일간 성장률, 순간 사망률 일간생존율 및 생존율 등을 구하였다.

일간 성장률 (G) = $(\ln Lt_2 - \ln Lt_1) / t_2 - t_1 \times 100$

t: 사육일 수

Lt₁: 사육 시작 후 t₁일째 패각의 길이

Lt₂: 사육 시작 후 t₂일째 패각의 길이

순간 사망률 (D) = $\ln Nt_2 - \ln Nt_1 / t$

Nt₁: 사육 시작 후 t₁일째 생존 유생의 수

Nt₂: 사육 시작 후 t₂일째 생존 유생의 수

일간 생존율 (S) = e^{-d}

d: 순간 사망률

2. 인공채묘

부착기 유생을 채묘기의 형태와 재질에 따른 부착효과를 비교하기 위하여 참굴, 비단가리비, 피조개, 인조 패각 (PVC, 염화비닐판) 등 4 가지 형태의 채묘기를 투여하였으며, 부착기 유생의 사육수조 내에서 부착기의 설치방법에 따른 치패의 부착율을 비교하기 위하여 패각을 수직방향의 수하식과 수조저면에 수평으로 배열하는 (일명 바닥식) 2 가지 방법을 사용하였다. 수하식 채묘는 0.3톤 FRP수조를 이용하여 각 부착기질 당 100 개씩 총 400 개의 패각을 수직으로 수하하여 부착을 유도하였으며, 바닥식 채묘도 각 부착기질 당 100 개씩 총 400 개의 패각을 투여하여 채묘를 실시하였다. 부착기 유생은 패각

당 400 개체의 밀도가 되도록 각 수조에 부착기 유생 160,000 개체씩을 수용하였으며, 패각의 크기를 표준화하기 위하여 표면적을 산정하였다.

3. 자연채묘

자연채묘는 벗굴을 상업적인 목적으로 채취하고 있는 전남 고흥군 해창만 시오도 해역에서 1998년 6월부터 7월까지 실시하였다.

채묘방법 및 부착기질에 따른 채묘 효율을 조사하기 위하여 말목을 이용한 노출과 비노출로 구분하였고 부착기질은 굴 패각 및 폴리에틸렌 그물망 등으로 실시하였다. 말목고정식 채묘(노출)는 현장 노출선 산출방법으로 대조시의 최만조시부터 다음 만조 시까지 30분 간격으로 관측을 실시하여 노출 시간별 (1, 2, 3, 4 시간)로 채묘연 (길이 2.5 m, 굴 패각 20 개 내외)을 각 노출선에 40 연씩 수평으로 매달아 채묘를 실시하였다. 수하식에 의한 채묘(비노출)는 부착기질은 그물망(PE 무결질 14 절망, 2 겹)과 양파망 (폴리에틸렌 재질로서 Ø 1 mm) 및 벗굴 패각과 PVC조각 (5 × 10 cm)을 이용하였다. 그물망은 폭 1 m, 길이 20 m를 각 정점에서 저층으로부터 표층까지 수직으로 시설하였고, 저면으로부터 50 cm 위에 수평으로 침설식으로도 시설하였다. 양파 주머니에 의한 채묘는 양파주머니에 페그물을 채우고 50 cm 간격으로 줄에 매달아 저층에서부터 표층까지 수직으로 각 정점에 3개씩 시설하였다. 패각에 의한 채묘는 벗굴 패각과 PVC조각을 2 m 채묘연에 20 cm 간격으로 매단 후 이 채묘연을 수심 약 30 cm 깊이에 시설하였다.

또한 수층에 따른 부착밀도를 조사하기 위하여 표층 (0-5 m), 중층 (5-10 m), 저층 (10-15 m)으로 부착층을 구분하여 실시하였다.

4. 치패의 초기사육 및 중간양성

치패 초기사육은 수하식과 바다식으로 인공채묘한 치패의 패각을 3 m 수하연에 부착패각 10 개씩 엮어 80개 수하연을 만들어 3톤 FRP수조 4 개에 수하하였다. 먹이는 미세조류 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Tetracelmis suecica*, *Chlorella sp.*를 각각 같은 비율로 혼합하여 1일 2회, 30×10^4 cells/ml을 기준으로 성장일수에 따라 하루에 약 20%씩 증가 공급하였다. 실내에서 7월 14일까지 26일간 사육한 후 치패를 해창만 시오도 해역에서 11월 12일까지 수하 양성하여 성장 및 생존율을 조사하였다.

자연채묘의 채묘율 상태를 파악키 위하여 말목 고정식 채묘는 각 노출선에서 5 연씩, 채묘망에서는 1 m²씩 3 곳 절단, 양파망은 3 개, 벗굴 패각 및 PVC는 5 연을 무작위로 수거하였다. 수거한 각 시료는 해수로 깨끗이 씻은 후 채묘망 및 양파망

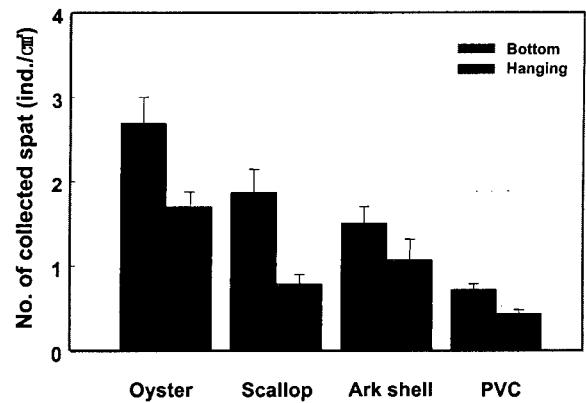


Fig. 1. Comparison of number of collected spats by collection methods and collector materials.

에 의한 채묘는 0.5 mm 체에 걸렸고, 패각은 돋보기로 확인하여 골류만 분리한 후, 현미경 (Olympus BX-50) 하에서 관찰하였으며, 참굴 등 기타 치패와의 구분은 부착치패 원각의 성장선의 수 및 간격의 차이로 구별하였다. 또한, 벗굴 치패와 참굴 치패의 수층에 따른 부착 차이를 검증하기 위해 Tukey test (Zar, 1984)로 분석하였고 초기 부착치패의 1개월간 성장상태를 조사하기 위해 각장과 각고를 측정하였으며 일간성장률 등을 구하였다.

결 과

1. 유생의 대량사육

모패로부터 방출된 trochophore 및 D형 유생을 위쪽 110 μm, 아래쪽에 80 μm의 물러저즈 망으로 만든 거름망을 2중으로 여과시켜 D형 유생 및 trochophore 유생 등 총 $1,579 \times 10^4$ 개체를 수집하였다. 이때 D형 유생과 trochophore 유생의 비율은 14,526,000: 1,253,000으로 D형 유생의 비율은 전체의 약 91.4%를 차지하였다. 그 중에 110 μm 이상에서 얻어진 D형 유생을 3톤 FRP 수조에 수용하여 5.8 개체/ml의 밀도로 대량사육 과정에 들어갔다. 80 μm에서 얻어진 trochophore 및 일부 소형 D형 유생은 아크릴사각수조 (40 × 30 × 25 cm)에서 사육 관찰을 한 바 2일 후 70%이상 폐사하여 폐기하였다. D형 유생을 사육 2일째부터 약하게 통기를 시키면서 배양한 미세조류 5종을 같은 비율로 혼합 공급하면서 20일간 사육한 유생의 일간 성장률, 순간 사망률, 일간 생존율 및 생존율의 변화는 Table 1과 같다.

사육 개시일부터 3일까지는 일간 성장률이 각장 3.7-4.2%, 각고 4.0-5.2%로 성장하였으나 사육 4일부터 8일까지는 사육 초기의 평균각장 $153.4 \pm 4.3 \mu\text{m}$ (145.0-159.0 μm)이었던 유생이 8일에는 $189.8 \pm 2.9 \mu\text{m}$ (179.0-203.0 μm)로 성장하여 완만한 성장형태를 나타내었다. 그 후 10일째에는 성

Table 1. Changes in daily growth rate of shell length (SL) and shell height (SH), instantaneous mortality rates, daily survival rates and general survival rates in mass culture of flat oyster larvae.

Elapsed days	SL (μm)	SH (μm)	Daily growth rate (%)		No. of larvae survived	Daily survival rate	Instantaneous death rate	Survival rate (%)
			SL	SH				
0	153.4	137.2	0	0	14,500	1.000	0	100
1	159.2	144.5	3.7	5.2	13,776	0.950	0.050	95.3
2	165.6	150.4	3.9	4.0	13,634	0.990	0.010	94.7
3	172.8	157.4	4.2	4.5	13,343	0.979	0.021	92.1
4	176.1	160.8	1.9	2.1	13,055	0.978	0.022	90.4
5	180.1	164.3	2.3	2.2	12,980	0.994	0.006	90.3
6	183.5	169.5	1.9	3.1	12,793	0.986	0.014	88.7
7	186.7	172.3	1.7	1.7	12,745	0.996	0.004	88.0
8	189.8	174.5	1.6	1.3	12,529	0.983	0.017	86.5
9	201.8	178.4	6.2	2.2	11,922	0.952	0.048	82.9
10	217.3	198.9	7.4	10.9	11,836	0.993	0.007	82.1
11	226.2	201.8	4.0	1.5	11,380	0.961	0.039	79.2
12	230.6	205.8	1.9	1.9	11,059	0.972	0.028	76.8
13	242.4	218.0	5.0	5.8	10,408	0.940	0.060	72.4
14	263.7	246.1	8.4	12.1	9,892	0.950	0.050	68.0
15	281.2	252.8	6.4	2.7	9,263	0.936	0.064	64.6
16	310.9	292.2	10.1	14.5	7,791	0.840	0.160	54.8
17	320.6	299.6	3.1	2.5	7,336	0.940	0.060	51.5
18	329.8	315.8	2.8	5.3	7,077	0.965	0.035	49.4
19	338.7	324.3	2.6	2.7	6,650	0.940	0.060	46.7
20	348.4	331.7	2.8	2.2	6,268	0.943	0.057	43.2

장률이 각장과 각고에서 각각 7.4%와 10.9%로 높은 성장을 보여 평균각장과 각고가 각각 $217.3 \pm 6.7 \mu\text{m}$ 와 $198.9 \pm 5.2 \mu\text{m}$ 였다. 또한 사육 16일에는 다시 각장과 각고가 각각 $310.9 \pm 9.8 \mu\text{m}$, $292.2 \pm 9.1 \mu\text{m}$ 로 높은 성장을 보였으며 17일부터는 안점이 출현한 개체들이 약 50%정도 나타나면서 성장속도가 다소 떨어져 각장과 각고의 성장률이 3.1%와 2.5%로 나타났다. 19일에는 부착기인 발이 출현하여 부착하려는 움직임이 나타났으며, 20일째에 채묘기를 투여하여 채묘를 실시하였다. 이때의 각장, 각고의 크기는 $348.4 \pm 9.1 \mu\text{m}$, $331.7 \pm 9.4 \mu\text{m}$ 로 성장하였다.

한편 사육 1일째 일간 사망률은 0.050으로 약간 높은 사망률을 보이면서 일간생존율 0.950 및 생존율 95.3%를 나타내었다. 사육 2일부터 8일까지는 일간 사망률이 0.004-0.022로 매우 낮은 사망률을 보이면서 8일째에 생존율은 86.5%를 유지하였으며 그 후 사육 15일까지 일간 사망률이 0.060 전후의 약간 높은 사망률을 보이면서 15일째 생존율은 64.6%이었다. 16일째에는 일간 사망률이 전 사육기간 중 가장 높은 0.160인

반면 일간생존율은 가장 낮은 0.840을 보이면서 생존율은 54.8%로 나타났다. 그 후 일간 사망률이 0.050 전후를 유지하면서 부착기인 사육 20일째 최종생존율은 43.2%로 나타났다.

2. 인공채묘

유생사육 20일째에 채묘기의 재료를 참굴 패각, 가리비 패각, 피조개 패각, PVC 조각 등을 이용한 치패의 부착율은 Table 2에서 보는 바와 같다. 수하식과 바닥식 채묘방법 중 바닥식에서 높은 부착율을 나타내었는데 먼저 바닥식인 경우 참굴 패각 부착기 한 개당 평균 유생 131.9 개체가 부착하여 부착율이 32.9%로 가장 높게 나타내었다. 비단가리비의 패각을 부착기질로 사용한 경우는 부착기 한 개당 96.3 개체가 부착되어 부착율이 24.1%로 참굴 패각 다음으로 양호함을 보였으며 피조개패각을 부착기질로 사용한 경우는 패각 당 67.1 개체가 부착되어 부착율이 16.8%로 나타났고, PVC판 조각의 경우는 패각 당 40.0 개체가 부착되어 부착율 10.0%로 실험에 사용한 부착기질 중에서 부착율이 가장 저조하게 나타났다.

Table 2. Number of attachment by the collector methods and materials of flat oyster larvae.

Material of collector	Method of collection	No. of larvae	Spat collection				
			No. of collector	Total no. of spat collected	No. of spat collected /shell	No. of spat collected /cm ²	Collection rate (%)
Oyster	Bottom	40,000	100	13,195	131.9	2.69 ± 0.31	32.9
	Hanging	40,000	100	9,050	90.5	1.70 ± 0.31	22.6
Scallop	Bottom	40,000	100	9,627	96.3	1.86 ± 0.28	24.1
	Hanging	40,000	100	5,554	55.6	0.78 ± 0.25	13.9
Ark shell	Bottom	40,000	100	6,707	67.1	1.50 ± 0.20	16.8
	Hanging	40,000	100	4,685	46.9	1.07 ± 0.25	11.7
PVC	Bottom	40,000	100	3,997	40.0	0.72 ± 0.07	10.0
	Hanging	40,000	100	2,393	23.9	0.43 ± 0.05	6.0

Collection rate (%) = Total no. of spat collected/No. of larvae × 100.

수하식인 경우에도 참굴 패각을 부착기질로 사용하였을 때 패각 당 90.5 개체, 비단가리비 패각에서는 55.6 개체, 피조개 패각에서는 46.9 개체 그리고 PVC조각에서는 23.9 개체가 부착되어 부착기질에 따른 부착율이 참굴 패각 22.6%, 비단가리비 패각 13.9%, 피조개 패각 11.7%, 인조 패각 6.0%로 바닥식과 같은 순서로 부착상태를 보였다.

채묘기질의 표면적을 계산하여 기질의 단위면적 당 부착한 유생수를 채묘방법에 따라 조사한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 참굴 패각의 경우는 바닥식으로 채묘를 하였을 때 패각 1 cm²당 2.69 ± 0.31 개체로 나타났으나 수하식으로 채묘하였을 때에는 1 cm²당 1.70 ± 0.1 8개체로 나타나 평균 0.99 ± 0.13 개체가 높게 나왔다. 가리비 패각도 바닥식이 패각 1 cm²당 1.86 ± 0.28 개체가 부착하여 수하식으로 채묘 하였을 때 1cm²당 0.78 ± 0.11 개체보다 1.08 ± 0.5 개체가 높게 나타나 채묘방법에 의한 부착율이 가장 높게 나타났다. 그리고

피조개 패각은 바닥식이 패각 1 cm²당 1.50 ± 0.20 개체로 나타났으며 수하식인 경우는 1 cm²당 1.07 ± 0.25 개체로 나타나 채묘방법에 의한 차이는 유의하게 나타나고 있으나 참굴이나 가리비에 비해서는 적게 나타났다. 인조패각인 PVC조각을 이용한 경우는 바닥식이 패각 1 cm²당 0.72 ± 0.07 개체로 나타났으나 수하식으로 채묘 하였을 때에는 1 cm²당 0.43 ± 0.05 개체로 나타남으로서 채묘율은 소량 높게 나타나는 결과를 보였다.

3. 자연채묘

1) 노출, 비노출 기질별 채묘율

노출과 비노출 및 부착기질을 달리하여 채묘한 결과는 1-4 시간 노출시킨 말뚝고정식 채묘에서는 벗굴은 전혀 부착하지 않았고, 따개비와 참굴만이 다수 부착하였다. 또한 노출을 시키지 않은 수하식 채묘에서 채묘망과 양파망을 부착기질로 이

Table 3. Collection rate of flat oyster and pacific oyster with the different water depths.

Date	Flat oyster (Mean ± S.E.D)			Pacific oyster (Mean ± S.E.D)		
	Surface	Middle	Bottom	Surface	Middle	Bottom
June 1997	4.40 ± 2.73	5.40 ± 1.62	16.00 ± 5.73	85.80 ± 27.89	65.20 ± 16.85	25.60 ± 11.53
June 1998	2.50 ± 1.54	1.80 ± 1.60	3.20 ± 2.30	44.33 ± 9.45	52.27 ± 11.21	35.40 ± 9.15
July 1998	4.15 ± 1.21	2.38 ± 1.90	5.25 ± 3.11	11.67 ± 7.10	29.67 ± 7.83	15.30 ± 8.27
July 1998	2.10 ± 1.13	4.25 ± 2.72	6.80 ± 4.27	22.33 ± 11.54	12.63 ± 9.12	11.33 ± 7.56
July 1998	0.50 ± 0.72	2.00 ± 1.15	3.58 ± 2.34	7.57 ± 4.42	5.67 ± 4.51	3.00 ± 3.65

Values with the same superscripts in each row are not significantly different (P < 0.05)

용한 채묘에서도 역시 벗굴은 전혀 부착하지 않았다. 그러나 벗굴 패각과 PVC 인조각을 부착기질로 이용한 경우는 부착하였는데 굴 패각이 평균 8.67 ± 2.80 개체로 PVC 인조각의 2.76 ± 1.32 개체보다 높은 부착율을 보였다.

2) 수층별 채묘율

수층별 자연채묘는 Table 3과 같이 벗굴은 표층 4.40 ± 2.73 개체, 중층 5.40 ± 1.62 개체, 저층 16.00 ± 5.73 개체가 부착하여 저층, 중층, 표층 순으로 나타났고, 유의성을 조사한 결과 표층과 중층에서는 유의적인 차이가 없었으나 저층과는 차이를 보였다 ($P < 0.05$). 참굴은 표층에서 85.80 ± 27.89 개체가 부착하여 중층의 65.20 ± 18.65 개체보다 많았지만 유의적인 차이는 없었고, 저층은 25.60 ± 11.53 개체가 부착하여 표층 및 중층과 유의적인 차이를 보였다 ($P < 0.05$).

3) 부착치패의 초기 성장

자연 채묘한 채묘연을 대상으로 초기 부착치패의 초기성장 및 일간 성장률은 Table 4와 같으며 각장은 자연채묘 5일후 0.87 ± 0.18 mm에서 26일후에는 2.38 ± 0.97 mm로 성장하였고, 각 조사 시기에서 일간 성장률은 3.75-7.69%의 범위로 나타났다. 각고의 성장은 자연채묘 5일후 0.82 ± 0.17 mm에서 26일 후인 7월 23일에는 2.16 ± 0.86 mm로 약 1.34 mm가 성장하였다. 각 조사시기에서 일간 성장률은 3.23-7.97%의 범위로 나타났다. 초기 부착치패는 수온이 높은 7월 말에 급격한 성장을 나타냈다.

부착치패는 자연채묘 5일 후인 7월 2일에는 각장 1.0 mm 이하가 66.7%를 나타내었고 7월 10일에는 40.0%의 빈도를 보였으며 26일 후인 7월 23일에는 5.9%의 부착율을 보였다. 자연채묘 후 21일이 경과된 7월 18일에는 1.6-2.0 mm, 26일이 경과된 7월 23일에는 2.1-2.5 mm의 성장도를 보였다. 초기 부착치패의 각장에 대한 각고의 상대 성장식은 $\text{각고} = 0.8937 \text{ 각장} + 0.0390$ ($R^2 = 0.9878$)으로 나타났다 (Fig.

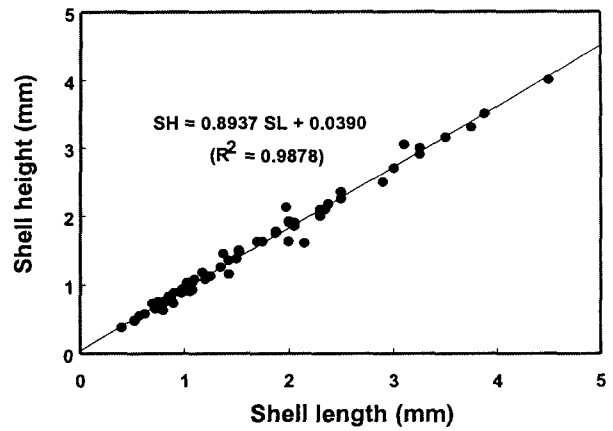


Fig. 2. Relationships between shell length (SL) and shell height (SH) of early spat of flat oyster.

2).

4. 치패의 중간양성

인공채묘 후 26일째인 7월 14일부터 11월 12일까지 해상에서 육성한 벗굴의 부착 기질별 성장은 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 26일간 실내에서 사육한 중간육성 직전의 벗굴 치패는 각장과 각고가 2.3 mm (1.85-2.96), 2.3 mm (2.03-2.97)였다. 이들은 수하양성 일주일 후 7월 21일에는 참굴 패각에 부착시킨 벗굴의 크기는 각장 3.3 mm와 각고 3.8 mm로 성장하였으며 가리비에 부착시킨 벗굴 치패의 크기는 각장과 각고가 각각 3.1 mm와 3.5 mm였다. 피조개 패각에 부착된 벗굴 치패는 각장과 각고가 각각 3.0 mm와 3.6 mm로 성장하였고, PVC조각에 부착시킨 벗굴 치패는 각각 2.8 mm와 3.2 mm로 성장하여 이때부터 각장보다 각고의 상대 길이가 커지기 시작하였다. 10월 11일에는 참굴 패각에 부착된 치패는 각장과 각고가 각각 22.2 mm와 23 mm로 성장하였으며, 가리비패각은 26.5 mm, 27.2 mm, 피조개는 18.0 mm, 20.1

Table 4. Shell size and daily growth rates of flat oyster larvae with elapsed time.

Date (Elapsed days)	Shell Length		Shell Height	
	Size (mm) (mean \pm S.D.)	DGR** (%/day)	Size (mm) (mean \pm S.D.)	DGR (%/day)
July 2 (5), 1998	0.87 ± 0.18		0.82 ± 0.17	
July 10 (14), 1998	1.20 ± 0.56	4.02	1.12 ± 0.55	3.90
July 18 (21), 1998	1.62 ± 0.90	3.75	1.45 ± 0.80	3.23
July 23 (26), 1998	2.38 ± 0.97	7.69	2.16 ± 0.86	7.97

*SD: standard deviation, **DGR: daily growth rate

Table 5. Growth and survival rates of flat oyster spats after three month cultivation on the different collectors.

Collector	Initial			Final			Settling rate(%)
	Shell length (mm)	Shell height (mm)	No. of spats settled	Shell length (mm)	Shell height (mm)	No. of spats settled	
Oyster	2.26	2.24	101.3	26.0	29.3	10.3	9.6
Scallop	2.28	2.27	68.5	28.5	30.3	5.8	8.8
Ark shell	2.35	2.37	40.7	24.5	29.3	4.0	9.8
PVC	2.31	2.33	28.2	35.3	37.7	1.5	3.6

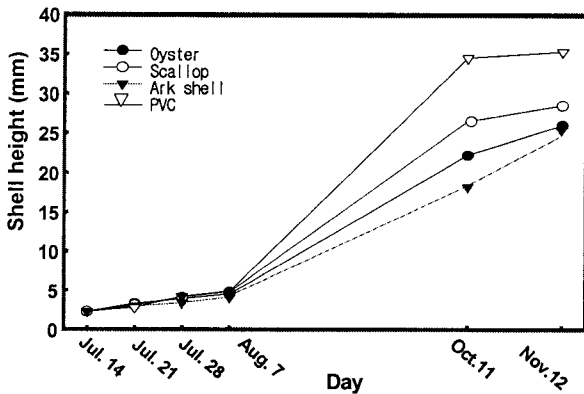


Fig. 3. Growth of shell height of spats attached on different collectors during the mid-term cultivation.

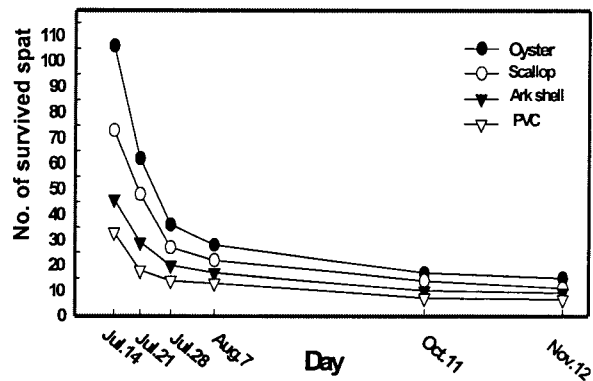


Fig. 4. Survival number of spats attached on collectors during the mid-term cultivation.

mm, PVC조각은 34.5 mm, 36.6 mm로 각각 성장하였다. 4 개월 후인 11월 12일에는 참굴 패각에서 26.0 mm, 29.3 mm, 가리비 28.5 mm, 30.0 mm, 피조개 24.5 mm, 29.3 mm, PVC조각 35.3 mm, 37.7 mm로 각각 성장하였다.

한편, 부착기질에 부착하여 존재하는 치패 수의 변화 및 변화율(Fig. 4)은 참굴 패각 한 개당 부착된 평균 치패 수는 중간 육성에 들어가기 전 101.3 개체였으나 중간육성을 시작한지 7 일 만에 57.4 개체로 떨어져 부착율은 56.4%이었으며, 가리비에 부착시킨 치패는 평균 68.5 개체에서 42.8 개체가 붙어 있어서 부착율은 63.2%를 나타내었다.

그리고 피조개 패각에 부착시킨 치패는 40.7 개체에서 24.0 개체로 부착율은 58.5%, PVC에 부착시킨 치패는 평균 38.2 개체에서 13.3 개체가 남아 있어서 부착율은 46.4%로 나타나 PVC의 경우가 가장 탈락률이 높았으며 가리비의 경우가 부착 후 생존율이 가장 높았다. 이러한 급격한 탈락현상은 중간육성을 시작하여 2주일 후 조사하였을 때에도 동일하게 나타나서 참굴 패각의 경우는 치패가 평균 패각 당 31 개체가 남아 7일 전에 비하여 46%가 탈락하여 부착율은 30.7%를 보였고, 가리비 패각의 경우도 48.8%가 탈락하여 21.8 개체가 남아 부착율은 32.4%를 나타내었다. 그리고 피조개 패각에서는 7일 전에 비하여 47.5%가 탈락하여 15.2 개체가 남아 부착율은 36.6%

를 보였으며 PVC의 경우는 9.4 개체가 남아 7일 전에 비하여 30.3%가 탈락하여 부착율은 32.1%를 보였다. 중간육성을 시작한지 24일째 참굴 패각에서는 치패가 10일 전에 비하여 46%가 탈락하여 패각 당 평균 23 개체가 남아 부착율은 22.8%를 보였고, 가리비 패각의 경우는 10일 전에 비하여 48.2%가 탈락하여 17.3 개체가 남아 부착율은 25.0%로 나타내었다. 그리고 피조개 패각에서는 15.2 개체가 남아 10일 전에 비하여 37.5%의 탈락률을 보였으며 PVC의 경우는 9.4 개체가 남아 탈락률 30.8%를 보여 부착율은 각각 29.3%와 28.6%이었다. 그 후 2 개월이 지났을 때는 참굴 패각에서는 치패가 2 개월 동안 52.2%가 탈락하여 패각 당 평균 12.3 개체가 남아 11.9%의 부착율을 보였고, 가리비 패각의 경우는 9.3개체가 남아 2 개월 동안 52.9%의 탈락률을 나타내어 생존율은 13.2%를 보였다. 그리고 피조개 패각에서는 5.3 개체가 남아 2 개월 동안 58.3%가 탈락하면서 부착율은 12.2%를 보였으며 PVC의 경우는 9.4 개체가 남아 부착율은 7.1%를 보였다. 중간육성을 시작하여 약 120일 동안의 성장과 부착된 치패의 생존율은 Fig. 4 및 Table 5와 같이 패각만 부착해 있는 평균 치패의 수는 참굴 패각에서는 10.3 개체, 가리비 패각에서는 5.8 개체, 피조개 패각에서는 4.0 개체, PVC는 1.5 개체가 잔존하여 부착율은 각각 9.6%, 8.8%, 9.8% 그리고

3.6%로 나타났다.

고 찰

우리나라에서는 참굴 인공종묘 생산의 산업화 (Min, 1998), 강굴의 난 발생 및 사육에 미치는 수온과 염분의 영향 (Yoo and Kang, 1995), 바윗굴 유생기의 사육조건과 성장 (Yoo and Park, 1997) 등에 대한 연구는 보고 되었으나 벗굴에 대한 연구는 외국에서 염색체 연구 (Insua and Tririot, 1991)와 벗굴과 생식형태가 비슷한 유럽산 넓적굴의 생식생태에 관한 연구 (Otron, 1927; Loosanoff, 1962) 및 유생사육과 그 생태에 관한 연구 (Helm and Spencer, 1972; Foighill, 1989; Millican and Helm, 1994) 가 알려져 있으나 양식에 관한 연구는 보고된 바 없다.

본 연구에서 대형수조 (3 톤) 를 이용하여 대량으로 유생사육 실험을 한 결과 20일 째의 최종생존율은 43.2%로 나타나 매우 높은 생존율을 나타내었다. 이는 소규모 유생사육 실험시의 최고 생존율이 먹이별 실험에서는 38.8%, 수온별 실험에서는 31.5%, 밀도별 실험에서는 28.7%, 염분별 실험에서는 31.0%를 보인 것 (Yang, 1999) 보다 높게 생존하여 대형탱크에서 대량 사육하는 것이 수온 및 수질변화 등의 소규모 수조보다는 안정되어서 생존율을 높일 수 있는 한 방법이라고 생각되었다. 일간성장율의 변화를 보면 일반적으로 각장보다 각고의 성장이 빠름을 알 수 있었고, 그 변화 폭도 컸다. 그리고 사육 16일째에 각장과 각고에서 모두 성장 폭이 가장 크게 나타났는데 이 시기가 본 종에서는 각정기 유생기에서 부착기 유생기로 변하는 시기라고 추정되었다.

우리나라에서는 참굴 자연 채묘시 채묘기질로서 굴 패각, 나뭇가지 등을 오래 전부터 사용하여 왔으나 최근 채묘기질로 가장 많이 사용되고 있는 것은 굴 패각, 가리비 패각 등이다. Holliday *et al.* (1991) 은 PVC 재질에 시멘트로 피복 시킨 것을 시드니 바위굴 (*S. commercialis*) 채묘에 사용한 결과 매우 양호한 결과를 얻었다. 또한 Min (1998) 은 참굴의 채묘에 있어서 PVC, 재생 플라스틱, 염화비닐판 등을 채묘기질로 인공채묘를 실시하여 굴 패각과 비교한 결과 PVC에서는 0.18 개체/cm²가 부착하였으며, 재생 플라스틱에서는 0.46 개체/cm², 염화비닐에서는 0.28 개체/cm²의 부착율을 보여 굴 패각에서의 0.20 개체/cm²에 비하여 재생 플라스틱의 경우와 염화비닐의 경우가 부착효과가 양호하였으며, PVC와 거의 유사하다고 보고하고 있다. 본 종에서는 PVC 재질에 채묘한 경우는 부착율이 0.43 개체/cm²이었으나 참굴 패각의 경우는 1.70 개체/cm²로 PVC 재질에 비하여 참굴 패각이 4 배 정도 높은 채묘율을 보이고 있어 참굴과는 부착기질의 선호도가 다름을 나타내고 있다. 또한 채묘된 상태를 보면 수하식인 경우는 패각 전면과 후면 모두 부착하였으나 바닥식인 경우는 전면에 대

부분 부착하여 후면에는 거의 부착하지 않았음에도 부착율은 수하식보다 더 높게 나타났다. 한편 채묘기에 부착하지 않는 유생은 FRP수조의 바닥에 부착하여 성장하는 것을 관찰할 수가 있었으나 수조 벽에 부착하는 치패는 거의 볼 수 없었다. 이러한 결과로부터 수하식 보다는 바닥식이 채묘물에서는 훨씬 높을 것으로 판단되며 이는 벗굴 유생이 다른 패류유생들에 비하여 빨리 침강하는 습성 때문인 것으로 생각되었다. 한편, Min *et al.* (1999) 은 참굴의 채묘방법별에서 채묘기질인 가리비패각을 이용하여 수하식인 경우는 1 cm²당 평균 부착 개체 수는 0.20 개체, 바닥식의 0.17 개체에 비하여 수하식이 높은 채묘율을 보였다고 하고 있다. 그러나 본 실험의 벗굴에서는 반대의 현상을 보이고 있다. 이러한 현상은 자연 채묘에서도 알 수 있듯이 표층이나 중층에서 채묘한 것보다 저층에서 채묘한 경우가 훨씬 채묘율이 좋게 나타났다 (Yang, 1999). 그러므로 벗굴의 인공 채묘 시에는 채묘기를 수중에 수하시키는 것 보다는 바닥에 고르게 밀집 배열하여 설치하는 것이 채묘율을 높일 수 있는 방법이라고 생각되었다.

자연 상태에서 벗굴 유생의 부착율을 알아보기 위해 부착방법 (노출과 비노출) 과 부착기질 (패각, 채묘망, 양파망) 에 따른 부착효과를 조사한 결과, 노출 (1, 2, 3, 4시간) 과 비노출 (수하식) 중 부착기질을 PE망, 양파망으로 부착시켰을 경우 전혀 부착이 이루어지지 않았고, 비노출 (수하식) 중 패각을 사용했을 때 부착이 가능했으며, 이때 패각 당 부착 밀도는 8.67 ± 2.80 개체로 나타났다. 이와 같은 결과로 볼 때, 벗굴 채묘율은 노출보다는 비노출로 실시해야 되고, 부착기질은 그물보다는 패각을 이용하는 것이 효율적인 것으로 생각할 수 있다. 이는 벗굴의 초기 치패가 노출에 대해 상당히 약하기 때문에 부착 후 폐사하기 때문일 것으로 추정되며, 그물과 같은 물체는 부착기질로서 적당하지 않은 것으로 생각되었다. 수층별 유생의 부착 결과는 벗굴은 저층이 16.00 ± 5.76 개체로 부착하여 저층, 중층, 표층 순으로 나타나 유의성을 조사한 결과 표층과 중층에서는 유의적인 차이가 없었으나, 저층과는 유의적인 차이를 보였다. 반면 참굴 (Min, 1998) 은 표층에서 85.80 ± 27.89 개체로 중층, 저층과 유의적인 차이를 보였다 (P < 0.05). 따라서 인공채묘에서도 같이 벗굴의 채묘는 저층에서 참굴은 표층에서 부착량이 많은 것으로 나타나 벗굴 유생을 부착시킬 경우 저층에 시설하는 것이 벗굴의 부착량을 증가시킬 수 있을 뿐만 아니라 참굴의 부착량을 줄일 수 있어 더 효율적인 것으로 생각되지만 참굴의 경우는 자연채묘와 인공채묘에 의한 종패를 확보할 수 있지만 벗굴은 자연채묘에 의한 종패확보방법은 어렵다고 볼 수 있으며 인공산란에 의한 인공종패를 확보하는 것이 효과적일 것으로 생각되었다.

한편 본 연구에서 벗굴 부착치패 성장의 형태적 특징을 참굴과 비교한 결과 전체적인 모양은 매우 비슷하지만 부착치패의

원각의 성장선에 차이를 보였다. 벗굴의 성장선은 약 15 개 내외였고 간격이 넓은 데 비하여 참굴의 성장선은 뚜렷하지 않으며 간격도 매우 좁고 그 수도 많게 나타남을 알 수 있었다. 또한 실내 인공사육 유생의 부착은 약 18-20 일 평균 수온 24°C 이상 및 해상의 자연부착은 약 24-28 일(평균 자연수온 약 24°C 이하)경에 대형 각정기로 성장하여 부착을 시작하는데 이때의 각장, 각고는 348.4 μm , 331.7 μm 으로 성장하였다.

Min (1998) 은 참굴 인공유생이 16 일간에 각장 273.2 μm , 각고 300.3 μm 로 성장하였다고 보고하였는데 벗굴은 각장, 각고 모두에서 크게 나타났지만 기간에 있어서는 참굴보다 약 2-4일 늦게 나타났다. 그러나 참굴은 수온이 약 25°C 이상에서 사육되었기 때문에 벗굴도 수온을 25°C 이상으로 높여 주었을 때는 비슷한 경향을 나타낼 것으로 추정할 수 있다.

참굴, 가리비, 피조개, PVC 4 개 기질별로 부착시킨 치패를 해상의 중간양성 과정으로 약 4 개월간 양성하였을 때 성장은 PVC에 부착시킨 치패가 가장 양호한 것으로 나타났고 그 다음이 가리비에 부착시킨 것이 성장이 좋았으며 피조개에 부착된 것보다는 참굴에 부착시킨 것이 성장에서는 다소 양호하게 나타났다. 그러나 이들 부착기질에 대한 부착율에서는 PVC에서 3.6%로 가장 낮았고, 그 다음이 피조개, 가리비, 참굴 순서로 부착된 치패의 성장은 부착된 개체 수에 반비례함을 보여주었다. 그리고 부착율은 PVC에서 다른 기질에 비하여 다소 많이 감소하는 경향을 보였으며 그 외의 기질들에서는 거의 같은 비율로 감소하는 현상을 볼 수 있어 초기에 치패가 많이 부착되어 있는 것이 중간 육성에는 유리한 것으로 나타났다. 따라서 중간육성의 결과로 보면 앞으로 벗굴 채묘를 위해 부착기질로서는 참굴 패각을 사용하는 것이 가장 양호할 것으로 사료되었다.

요 약

벗굴의 종묘확보 방안을 모색하기 위하여 유생의 대량사육에 의한 인공채묘와 자연채묘율을 조사한 결과는 다음과 같다. 모패에서 방출된 D형 유생 (각장 153.4 μm , 각고 137.2 μm)을 3 톤짜리 F.R.P 수조에 5.8 개체/ml의 밀도로 대량 사육한 결과 유생사육 16일 째에 벗굴 유생의 성장률은 각장과 각고가 202.6%, 212.9%로 성장하여 310.9 \pm 9.8 μm , 292.2 \pm 9.1 μm 이었으며, 부착시기인 사육 20일 째는 227.1%, 241.8%가 성장하여 348.4 \pm 9.1 μm , 331.7 \pm 9.4 μm 였다. 그리고 16일 째에는 사육 기간 중 일간 사망률이 가장 높은 0.160, 일간생존율은 0.840을 보이면서 생존율은 54.8%였으며, 사육 20일 째의 최종 생존율은 43.2%였다.

굴 패각, 가리비 패각, 피조개 패각 그리고 PVC 조각을 이용한 부착기질별의 인공 채묘율은 32.9%, 24.1%, 16.8%, 10.0%로 굴 패각이 32.9% (131.9 개체/패각) 로 가장 높았으며,

단위면적당 부착율도 굴 패각이 2.69 \pm 0.31 개체/cm²로 가장 높게 나타났다.

채묘방법에 따른 치패 부착율은 채묘기질을 수중에 시설한 수하식방법에서 54.2 개체/패각 (1.00 개체/cm²) 보다 패각을 수조저면에 배열하는 바다식이 83.8 개체/패각 (평균 1.69 개체/cm²) 으로 높은 부착율을 보였다.

자연채묘는 노출보다는 비노출이, 채묘기질은 그물 등 부드러운 기질보다는 견고한 조개 패각을 이용하여 채묘 하는 경우가 높게 나타났으며, 수층별의 자연채묘는 표층보다는 저층에서 부착율이 높게 나타났다.

벗굴의 인공치패는 부착 후 26일경에 각장 2.38 \pm 0.97 mm, 각고 2.16 \pm 0.86 mm로 성장하였고, 일간 성장률은 각장 3.75-7.69%, 각고 3.23-7.97%로 나타났으며 3개월 후 각각 28.58 \pm 2.39 mm, 31.65 \pm 2.03 mm로 성장하였다.

채묘기질에 따른 부착율은 굴 패각, 가리비패각, 피조개패각 그리고 PVC조각에서 각각 10.3, 5.8, 4.0, 1.5개체로 굴 패각에서 가장 높게 나타났다.

감사의 글

이 논문은 해양수산부에서 지원한 수산특정연구 사업비에 의해 동의대학교에서 수행된 연구 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bae, G.M. and Bae, P.A. (1972) Growth of transplanted portugal and olympia oysters in the Korean coastal waters. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 5(1): 17-22. [in Korean]
- Bae, S.W. (1985) Development of oyster culture industry in Korea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 18(2): 180- 194. [in Korean]
- Foighil, D.O. (1989) Role of speratozeugmata in the spawning ecology of the brooding oyster *Ostrea edulis*. *Gamete Research*, 24: 219-228.
- Helm, M.M. and Spencer, B.E. (1972) The importance of the hatchery rearing of Pacific oyster larvae. *Aquaculture*, 2: 1-12.
- Holiday, J.E., Allan, G.L. and Frances, J. (1991) Cold storage effects on setting of larvae of Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis*, and the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, 92: 179-185.
- Insua, A., and Thiriot, C. (1991) The characterization of *Ostrea denselamellosa* (Mollusca, Bivalvia) chromosomes: Karyotype constitutive heterochromatin and nucleolus organizer regions. *Aquaculture*, 97(4): 317-325.
- Loosanoff, V.L. (1962) Gamatogenesis and spawning of the European oyster, *Ostrea edulis*. in waters of marine. *Biological Bulletin*, 122(1): 86-94.
- Min, K.S., Kim, T.I., Hur, S.B., Hur, Y.B. Park, D.W.,

- H.Y. Lee and Hwang M.S. (1999) Studies on the artificial spat collection method for the pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). *Bull. National Fish. Res. Dev. Inst.*, **57**: 35-41. [in Korean]
- Min, K.S. (1998) Studies on the commercial scale production of artificial seedling of the pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). Ph. D. Thesis, Pusan National Fishery University. 248 pp. [in Korean]
- Millican, P.F. and Helm, M.M. (1994) Effects of nutrition on larvae production in the European oyster, *Ostrea edulis*. *Aquaculture*, **123**(2): 83-94
- Orton, J.H. (1927) Observation and experiments on sex-change in the European oyster, *Ostrea edulis*. *J. Mar. Biol.*, **14**: 967-1045.
- Thorarinsdottir, G.G. (1991) The Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O. F. Muller) in Breidafjörður, west Iceland. I. Spat collection and growth during the first year. *Aquaculture*, **97**: 13-23.
- Yang, M.H. (1999) The Biology and Seed Production of flat oyster, *Ostrea denselamellosa*. Ph. D. Thesis, Donggeui University, Pusan, 161 pp. [in Korean]
- Yang, M.H., Choi, S.D., Kim H.S. and Han, C.H. (1999a) Environment characteristics of national conditions of flat oyster, *Ostrea denselamellosa* in Haechang Bay. *Kor. J. Malacol.*, **15**(2): 105-113. [in Korean]
- Yang, M.H., Choi, S.D., Kim H.S. and Han, C.H. (1999b) The development of larvae and egg of flat oyster, *Ostrea denselamellosa*. *Kor. J. Malacol.*, **15**(2): 115-119. [in Korean]
- Yoo, H.S., Lim K.S. and Ryu, H.Y. (1988) Improvement of the seed production method of the pen shell - The occurrence of larvae and the early growth of the spat. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **21**(4): 20-216. [in Korean]
- Yoo, M.S. and Yoo, S.K. (1974) Spat collection and the growth of *Anadara broughtoni* Schrenck. *Bull. Korean. Fish. Soc.*, **7**(2): 79-86. [in Korean]
- Yoo, S.K. and Kang, K.H. (1995) Influence of water temperature and salinity on egg development larvae rearing of oyster, *Crassostrea rivularis*. *Kor. J. Malacol.*, **11**(2): 165-170. [in Korean]
- Yoo, S.K. and Park, H.G. (1997) Culture condition and larval growth of the oyster, *Crassostrea nippona*. *J. Aquacult.*, **10**(2): 97-103. [in Korean]
- Zar, J.H., (1984) Biostatistical analysis. 2nd ed. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 718 pp.