



해만가리비 *Argopecten irradians* 양식시 성장에 미치는 치패의 선발 효과

오봉세* · 양문호¹ · 정춘구² · 김주일³ · 김영숙⁴ · 김숙양⁵

국립수산과학원 여수수산종묘시험장 · ¹남해수산종묘시험장 · ²양식환경연구소 · ³자원관리과 · ⁴포항분소 · ⁵유해생물과

Effect of Selected Spat on Growth of Bay Scallop (*Argopecten irradians*) During Aquaculture

Bong-Se Oh*, Moon-Ho Yang¹, Choon-Goo Jung², Joo-Il Kim³, Young-Sook Kim⁴ and Sook-Yang Kim⁵

Yeosu Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-900, Korea

¹Nanhae Marine Hatchery, NFRDI, Namhae 668-820, Korea

²Aquaculture Environment Institute, NFRDI, Busan 619-900, Korea

³Fisheries Resource Research and Management Division, NFRDI, Busan 619-900, Korea

⁴Pohang Laboratory, Pohang 791-110, Korea

⁵Marine Harmful Organism Division, NFRDI, Busan 619-900, Korea

In Nam-myeon coastal area of southern sea, Korea, the following hydrobiological conditions prevailed during 1997: water temperature: 12.6~24.5 °C; Salinity: 27.32~33.10‰, Dissolved oxygen: 7.05 ml/L and Chlorophyll a: 1.69~7.40 µg/L. Phytoplankton, dominated by *Ceratium* sp, peaked during June-July. Mean growth rates of the bay scallop of selected and non-selected groups cultured for 185 days in this area from July to December, 1997 were 0.17 and 0.19 mm/day for shell height, and 0.17 and 0.16 g/day for total weight, respectively. Maximum predicted values of shell height, calculated by von Bertalanffy growth model, were 54.98 mm for the selected and 52.62 mm for the non-selected groups. Survival of the selected and non-selected groups was 80.0 and 87.0%, respectively.

Key words: Hydrobiology of Korean south sea, Bay scallop, Survival, Growth rate

서 론

해만가리비는 분류학적으로 연체동물문 Mollusca, 부족강 Pelecypoda (이매패강 Bivalvia), 익형목 Pteriomorpha, 가리비과 Pectinidae에 속하며(權 등, 1993), *Argopecten irradians irradians* (Lamarck), *A. irradians concentricus* (Say), *A. irradians amplicostatus* (Dall)의 3개 아종(亞種)으로 분류(Waller, 1969)되는데 이 중에서 중국을

통하여 우리나라에 이식된 종은 *A. irradians irradians* (Lamarck)이다.

해만가리비에 대한 연구로 외국에서는 해만가리비의 수명(Belding, 1910), 자웅동체(Wilbur, 1995), 산란(Barber and Blake, 1991), 조류의 대량번식과 폐사(Eckman, 1987; Tracey, 1988; Bricelj et al., 1989; Gallagher et al., 1989; Pohle et al., 1991), 수온, 염분 등의 환경요인과 폐사(Peterson et al., 1989; Zhang and Yichao, 1990), 성숙과

*Corresponding author: obsksy@nfrdi.re.kr

산란에 미치는 수온(Sastry, 1966), 먹이생물의 영향(Rhodes and Wildman, 1981; Peirson, 1983; Urban and Langdon, 1984), 유속과 성장(Kirby-Smith, 1972), 밀도와 성장(Bumguardner et al., 1993), 체 성분(Rines, 1985; Zhang et al., 1991a), Castagna and Duggan (1971), Tettelbach (1986), Tettelbach (1991), YSFRI (1991), Zhang et al., (1991) 등의 연구가 있으며, 국내에서는 해역별 동절기 성장(Oh and Jung, 1999), 밀도별 성장(Oh et al., 2000), 양식 생물학적 연구(Oh, 2000), 양성수심에 따른 성장(Oh et al., 2002a), 생식주기(Oh et al., 2002b) 등에 관한 보고가 있다.

여기서는 해만가리비를 양식할 경우, 조기에 상품크기인 각고 5 cm (Belding, 1910) 이상으로 성장시킬 목적으로 성장이 빠른 치패만을 선발하여 양성하는 것과 그렇지 않은 경우 어떤 성장 차이를 나타내는지를 구명하여 해만가리비의 양식 산업화에 기여하고자, 성장이 빠른 치패만을 선발한 시험구와 비교구를 설정하여 치패에서 성패까지 사육하고 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

해양환경

해만가리비 양성시험을 실시한 전라남도 여수시 남면 해역(Fig. 1)의 수온, 염분, 용존산소 및 chlorophyll-a는 매월 2회, phytoplankton의 종 조성은 매월 1회 조사하였다.

채수는 간이채수기로 수심 2 m에서 하였고, 수온은 현장에서 봉상온도계로 측정하였으며, 용존산소는 Winkler 법의 개량법인 中井변법(1933)으로 측정하였다. 염분은 염분측정기(Watanabe Model 601 MK III)로 측정하였다.

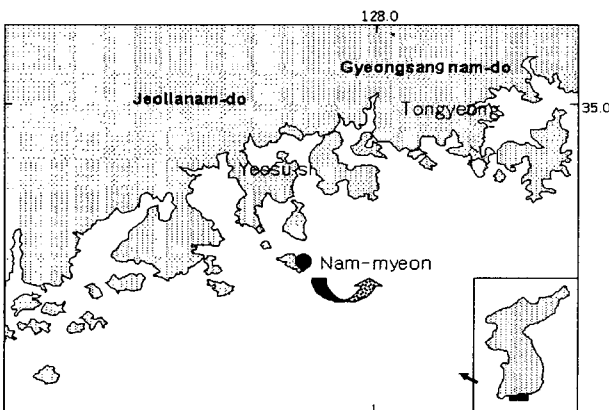


Fig. 1. Map showing the rearing site of *A. irradians*.

Chlorophyll-a는 pore size 0.45 μm 여과지(직경 47 mm)를 사용하여 500 ml의 해수를 여과하고 이를 90% acetone으로 추출하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 UV-Spectrophotometer로 비색 정량하였다(Jeffrey and Humphrey, 1975). 식물플랑크톤의 종 조성을 분석하기 위한 시료는 Kitahara type net (mesh size 20 μm)를 이용하여 채집하였다. 채집된 시료는 250 ml 폴리에틸렌 병에 담아 중성포르말린으로 고정된 후 실험실로 운반하였다. 종의 동정에는 광학현미경(Nikon type 104)을 이용하였고 100~1,000배율로 검경하였다. 식물플랑크톤의 정량분석을 위해 Niskin 채수기로 채수한 해수를 1 L 폴리에틸렌 병에 넣어 상등액을 제거하고 Sedgwick-Rafer counting chamber를 이용하여 광학현미경하에서 계수하였다.

선발에 따른 성장

해만가리비 치패를 선발하여 사육할 경우 선발에 따른 성장효과가 있는지를 알아보기로 1997년 1월 29일과 31일에 국립수산과학원 남해수산연구소에서 인공채란하여 최간조사 수심 7 m인 전남 여수시 남면 금오도 해역(Fig. 1)에서 4~6월 중간 육성한 치패 중에서 성장이 월등히 빠른 치패(평균각고 21.47 ± 0.80 mm)를 선발하여 비교시험구(평균각고 16.59 ± 0.99 mm)와 성장을 비교하였다. 시험구는 시판되고 있는 패류 양성용 채롱 (43.5(L)×43.5(B)×8.5(H) cm, 망목 9 mm 및 20.5 mm)에 각각 50마리씩 수용하여 2 반복구로 시험구를 조성하고 채롱을 수심 2 m에 수하하여 사육하였다. 사육기간은 6월 16일부터 12월 17일까지 185일간이었으며, 성장도를 알기 위해 매월 1회 각장, 각고, 각폭, 체중 및 생존율을 조사하였다.

성장도 분석

매월 조사된 성장자료를 이용하여 각고 및 전중량의 절대성장과 일간성장률을 분석하였으며, 절대성장(absolute growth) 및 일간성장률(DGR; daily growth rate)은 아래와 같이 구하였다(Ricker, 1975).

$$\text{절대성장} = (S_{h2} - S_{h1}) / T \text{ 및 } (S_{w2} - S_{w1}) / T$$

여기서, S_{h2} : 시험종료시 평균각고, S_{h1} : 시험개시시 평균각고,

S_{w2} : 시험종료시 평균전중량, S_{w1} : 시험개시시 평균전중량.

T : 사육일수.

해만가리비의 성장에 미치는 치패의 선발효과

$$\text{일간성장률} = 100 \times (\ln L_2 - \ln L_1) / T \text{ 및 } 100 \times (\ln W_2 - \ln W_1) / T$$

여기서, L_2 : 시험종료시 평균각고, L_1 : 시험개시시 평균각고,
 W_2 : 시험종료시 평균전중량, W_1 : 시험개시시 평균전중량,
 T : 사육일수.

von Bertalanffy curve

비선형모델(non-linear)에 의한 시간의 경과에 따른 월별 각고의 성장을 파악하기 위하여 von Bertalanffy의 성장식을 유도하였다. 또한 이론적 최대각고(L_∞)는 Walford 정차도를 이용하여 측정하였다.

von Bertalanffy equation

$$l_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

여기서, l_t = 나이 t 때의 각고,
 L_∞ = 최대각고,
 t_0 = 각고가 0 일때의 이론적 월령,
 K = 성장계수(growth coefficient).

통계처리

본 연구의 모든 사육결과는 통계처리하여 평균치와 표준편차를 계산하였으며, 각 실험군간의 유의성($p < 0.05$)은 Student's t-test로 검정하였다.

결 과

해양환경

6~12월까지 사육기간 중 월별 2회 관측하여 평균한 해양환경은 Table 1과 같다. 수온은 12.6~24.5℃로 8월에 최고수온을 12월에 최저수온을 보였다. 염분은 27.32~33.10‰ 범위였으며, 6월과 11월에 높았고, 우기인 8월에 27.32‰로 가장 낮아 연안의 염분변화와 일치하였다.

용존산소는 최저 7.05 mg/ℓ 이상으로 해역별 수질등급 I에 해당하는 양호한 상태를 보였다. Chlorophyll-a는 1.69~7.40 μg/ℓ 범위로 8월에 가장 높았고 11월에 가장 낮았다.

해만가리비의 성장이 지속된 6~10월에 식물플랑크톤 출현율이 10% 이상인 우점종을 살펴보면, *Ceratium* sp. 35.2%, 규조류인 *Thalassiosira* sp. 15.6%, *Pseudonitzschia* sp.가 13.0%로 *Ceratium* sp.가 가장 우점하였다(Table 2).

식물플랑크톤의 밀도는 6월에 높았으나 고수온기인 8월에 가장 낮아졌다가 수온이 하강하는 10월에 다시 높아지는 경향을 보였다.

선발에 따른 성장

월별성장, 절대성장 및 일간성장률 비교

해만가리비의 치패를 선발한 시험구와 비교시험구를 2 m 수층에 수하하여 사육한 결과, 평균 각고의 변화는 Fig. 2과 같다.

남면해역에서 중간 양성한 해만가리비 중에서 평균각고 21.47±0.80 mm의 치패를 선발하여 패류양성용 채롱에 수용하여 185일간 사육한 선발시험구와 비교시험구의 치패의 평균각고의 변화는 Table 1과 같다. 선발시험구는 사육개시 3개월이 지난 9월 15일에 상품크기인 각고 50 mm를 넘어 51.41±0.11 mm로 성장하였는데 비하여 비교시험구는 10월 15일에 각고 50.03±3.82 mm로 성장하였다.

한편, 월별 각고의 변화를 보면 6월부터 8월까지 선발시험구와 비교시험구간의 유의의 차를 보였으나($p < 0.05$), 9월부터 12월까지는 유의의 차가 없었다($p > 0.05$).

각고의 절대성장은 선발시험구가 0.17 mm/day 이었고, 비교시험구는 0.19 mm/day이었다. 선발 및 비교시험구 모두 7월에 각고의 절대성장이 가장 빨랐으나, 그 이후 감소하여 10월 이후는 성장이 지체되는 경향을 보였다. 각고의 일간성장률은 선발시험구가 0.487% 이었고, 비교시험

Table 1. Monthly changes in water quality at the culturing area of *A. irradians*

Items	Months						
	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Water temperature (°C)	21.9	22.3	22.9	24.5	19.4	16.0	12.6
Dissolved oxygen (mg/ℓ)	8.01	8.01	7.84	7.05	7.89	7.83	9.68
pH	8.12	7.89	8.00	8.01	8.05	8.02	8.00
Salinity (‰)	33.10	31.02	27.32	31.52	32.10	33.04	32.82
Chlorophyll-a (μg/ℓ)	5.87	2.87	7.40	3.49	5.16	1.69	2.43

Table 2. Monthly changes in species composition of phytoplankton from June to October, 1997

Species	Month						Total	Dominant (%)
	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.			
<i>Ceratium</i> sp.	238	32	12	0	40	322	35.2	
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	12	0	0	36	48	5.2	
<i>Chroococcus</i> sp.	0	0	20	0	0	20	2.2	
<i>Coscinodiscus</i> sp.	40	0	0	0	0	40	4.4	
<i>Distephanus</i> sp.	0	0	0	8	0	8	0.9	
<i>Epiplocyloides</i> sp.	0	0	0	24	0	24	2.6	
<i>Navicula</i> sp.	0	0	0	0	40	40	4.4	
<i>Nitzschia</i> sp.	16	0	0	0	36	52	5.7	
<i>Pseudonitzschia</i> sp.	0	32	0	32	55	119	13.0	
<i>Staurastrum</i> sp.	0	8	0	0	0	8	0.9	
<i>Thalassionema</i> sp.	0	0	0	0	16	16	1.7	
<i>Thalassiosira</i> sp.	4	28	0	71	40	143	15.6	
<i>Triparma</i> sp.	0	0	0	24	0	24	2.6	
Others	20	12	16	4	0	52	5.7	
Total	318	124	48	163	263	916	100	

(Unit : cells/ml)

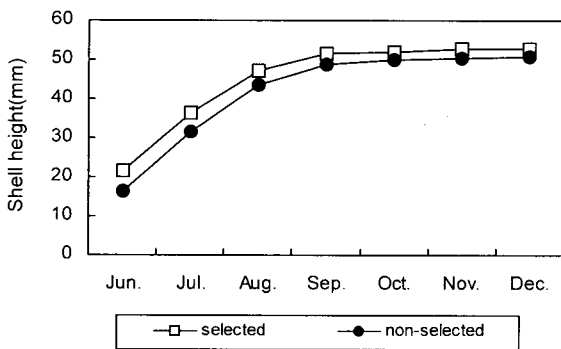


Fig. 2. Monthly changes in shell height of *A. irradians* of selected and non-selected groups.

구는 0.606% 이었다. 월별 일간성장률은 선발 및 비교시험구 모두 7월에 가장 많이 증가한 후, 8월부터는 성장률이 감소하는 경향을 보였다. 한편, 선발시험구의 일간성장률은 비교시험구에 비하여 사육기간 내내 낮았으며 12월에는 거의 성장이 정지되었다(Table 3).

한편, 사육개시시 해만가리비의 평균 전중량은 선발시험구가 1.85 ± 0.21 g이었고, 비교시험구는 0.81 ± 0.04 g이었는데, 사육기간 중 평균 전중량의 월 변화는 Fig. 3과 같다.

사육기간 중 증중량 및 사육종료시 평균 전중량은 선발

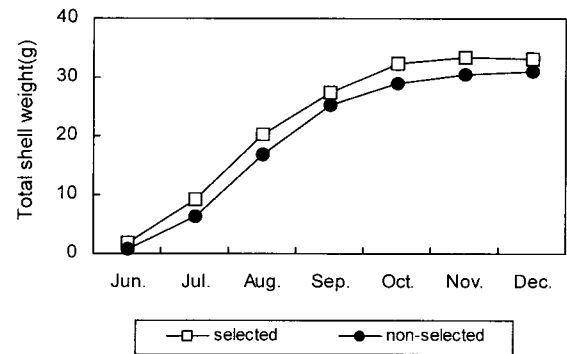


Fig. 3. Monthly changes in total shell weight of *A. irradians* of selected and non-selected groups.

Table 3. Monthly changes in shell height of *A. irradians* of selected and non-selected groups

(unit : mm; mm/day; %)

Items		Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Selected	Growth		$36.55 \pm 0.48^*$	$47.26 \pm 0.13^*$	51.41 ± 0.11	52.02 ± 0.11	52.70 ± 0.08	52.81 ± 0.26
	Absolute growth	$21.47 \pm 0.80^*$	0.52	0.35	0.12	0.02	0.02	0.00
	Daily growth rate		1.835	0.829	0.240	0.045	0.035	0.008
Non-selected	Growth		31.70 ± 1.01	43.75 ± 0.81	48.81 ± 4.24	50.03 ± 3.82	50.53 ± 3.00	50.85 ± 2.71
	Absolute growth	16.59 ± 0.99	0.52	0.39	0.14	0.05	0.01	0.01
	Daily growth rate		2.233	1.039	0.313	0.095	0.027	0.023

*Mean and standard deviation in growth rates were significantly different at $p=0.05$ level.

Table 5. Monthly changes in total shell weight of *A. irradians* of selected and non-selected groups

(unit : mm; g/day; %)

Items		Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Selected	Growth		9.29±0.44*	20.22±0.59*	27.45±0.23	32.28±0.39	33.34±0.93	33.14±0.64
	Absolute growth	1.85±0.21*	0.26	0.35	0.21	0.19	0.03	-0.01
	Daily growth rate		5.565	2.509	0.873	0.623	0.088	0.000
Non-selected	Growth		6.29±0.54	16.89±1.66	25.14±6.44	29.07±6.02	30.54±5.95	31.13±5.64
	Absolute growth	0.81±0.04	0.19	0.34	0.24	0.15	0.04	0.02
	Daily growth rate		7.061	3.186	1.096	0.582	0.136	0.076

*Mean and standard deviation in growth rates were significantly different at p=0.05 level.

시험구가 31.29 g 및 33.14 g, 비교시험구는 각각 30.32 g 및 31.13 g으로 선발시험구가 비교시험구에 비해 높은 값을 보였다(p < 0.05).

한편, 월별 평균 전중량의 변화를 보면 각고의 경우와 같이 6월부터 8월까지 선발시험구가 비교시험구간의 유의적 차가 있었으나(p < 0.05), 9월부터 12월까지는 선발시험구와 비교시험구간에는 유의적 차를 보이지 않았다(p > 0.05).

전중량의 절대성장률은 선발시험구가 0.17 g/day 이었고, 비교시험구는 0.16 g/day 이었다. 월별로는 각고의 경우와는 다르게 8월에 가장 많이 증중된 후 증중량은 감소하여 11월부터는 0.04 g/day 이하로 전중량의 증가가 지체되는 경향을 보였다.

사육기간 중 전중량의 일간성장률은 선발시험구가 1.600% 이었고, 비교시험구는 1.972% 이었다. 월별로 살펴보면, 7월이 5.565~7.061%로 가장 높았으나, 10월 이후 급격히 감소하여 12월에는 선발시험구는 0.000%, 비교시험구는 0.076%의 일간성장률을 보였다.

von Bertalanffy 성장곡선

시험구별 수용한 해만가리비의 절대성장을 파악하고자 von Bertalanffy 방정식의 중요 성장매개변수를 보면 Table 6과 같이 선발시험구에서의 최대각고(L_∞)는 54.08 mm, 성장계수(k)는 0.69로 추정되었으며, 비교시험구의 최대각고는 53.62 mm, 성장계수는 0.62로 나타났다(Fig. 4).

생존률

생존률은 선발 및 비교시험구 모두 8월까지 97.0%이상으로 높았으나, 선발시험구는 9월까지 생존률이 89.0%로 감소한 후 12월에는 80.0%의 생존률을 보였다. 한편, 비교시험구는 11월까지 91.0%의 생존률을 보인 후 12월에는 87.0%의 생존률을 나타내어 비교시험구가 다소 높은 생존률을 보였다(Fig. 5).

Table 6. The von Bertalanffy parameters for shell height of *A. irradians* of selected and non-selected groups

Sites	sh _∞	K	t ₀
Non-selected	52.62	0.6175	-0.1233
Selected	54.08	0.6876	-0.3457

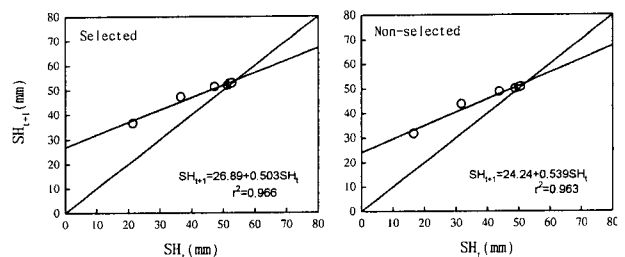


Fig. 4. Walford plots to estimate parameters for the von Bertalanffy growth equation of *A. irradians* of selected and non-selected groups.

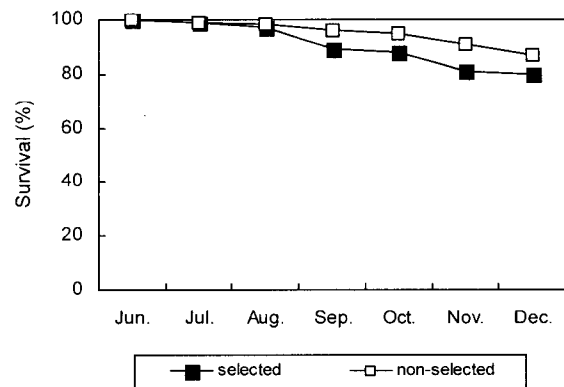


Fig. 5. Survival of *A. irradians* of selected and non-selected groups.

고 찰

해만가리비의 성장에 미치는 치패의 선발효과를 알아

보기 위하여 사육시험을 실시한 남면해역의 수온, 염분, 먹이생물 등의 환경요인은 가리비의 성장과 생존에 영향을 미치는 중요 요인이다(Andi, 1993). 이 중에서 수온은 12.6~24.5°C로 6~9월(21.9~24.5°C)에 해만가리비의 성장이 가장 좋았고, 10~11월(19.4~16.0°C)에는 성장이 점차 둔화되었으며, 12월(12.6°C)에는 성장이 거의 정지되어 수온과 해만가리비의 성장과는 positive의 상관관계(Rhodes and Widman, 1980)를 보였다. 해만가리비의 적정염분은 21~33‰로 광염성(YSFRI, 1991)인데, 본 시험기간 중 염분은 27.32~33.10 ‰로 해만가리비 성장에 영향을 미치지 않는 범위였다.

해만가리비의 성장이 지속된 6~9월에 해역별 식물플랑크톤의 우점종을 살펴보면, 편모조류인 *Ceratium* sp.가 35.2%로 높은 출현율을 보였다. Peirson (1983)는 해만가리비의 먹이로서 naked flagellate인 *Dunaliella tertiolecta*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri* 등 7종의 편모조류의 소화흡수율은 78~90%로 높고 종간의 차이는 없었다고 보고하였다. 한편, Andi (1993)는 플랑크톤의 감소가 해만가리비의 성장차이를 일으키는 환경요인으로 작용한다고 보고하였으나, 먹이생물의 양을 간접적으로 나타내는 chlorophyll-a 농도 범위는 1.69~7.40 $\mu\text{g}/\ell$ 로 해만가리비의 최적 성장을 유지하기 위한 chlorophyll-a 농도가 1.40 $\mu\text{g}/\ell$ 이상(Rhodes and Wildman, 1980)이라는 보고를 감안하면 본 시험에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

해만가리비 치패 중에서 성장이 빠른 것을 선발하여 사육한 선발시험구는 사육개시 3개월만인 9월 중순에 각고 51.41 mm로 성장하여 상품크기인 50 mm 이상(Belding, 1931)으로 성장하였으나, 비교시험구는 상품크기까지는 1개월이 더 소요된 10월 중순에 각고 50.03 mm로 성장하여, 해만가리비는 선발을 하면 성장이 빨라질 수도 있을 것이라는 보고(Loosanoff and Davis, 1963)와 같은 결과를 보였다. 이러한 결과를 실제 양식에 활용하여 선발치패를 사용하면 해만가리비 출하를 1달간 앞당길 수 있다고 생각된다.

그러나 비교시험구의 치패도 12월까지 계속 사육을 할 경우 선발시험구와 성장이 비슷하게 나타나는 현상을 보였는데, 이런 현상은 같은 시기에 태어난 군집에서 어느 시기 이후에는 큰 개체보다 작은 개체에서 성장이 빠르게 나타나는 보상성장(Auster and Stewart, 1984)의 영향과 각고 5 cm 이상에서는 성장률이 낮아지는(Castagna and Duggan, 1971) 영향으로 사료되었다. 이런 보상성장(compensatory growth)

은 다른 가리비 *Chlamys opercularis* (Taylor and Venn, 1978)에서도 관찰되지만, 같은 속(*Chlamys*) 이라도 다른 종(*varia*)에서는 나타나지 않는 경우도 있는데(Conan and Shafee, 1978), sea scallop (*Placopecten magellanicus*)에서도 보상성장이 일어나지 않기 때문에 치패는 큰 것을 골라야 한다는 보고도 있다(Andi, 1993). 그러나 본 연구에서는 사육이 종료되는 12월에는 비교시험구도 선발시험구와 성장차이가 크게 나지 않아 해만가리비의 경우는 보상성장이 일어나는 것으로 생각된다. 하지만 조기출하를 할 경우에는 치패를 선발하여 사육할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

요 약

사육기간 중 수온은 12.6~24.5°C 였고, 염분은 27.32~33.10 ‰, 용존산소는 7.05 mg/ℓ 이상으로 양호한 수질상태를 보였다. 6~9월 해만가리비 성장기에 식물플랑크톤의 우점종은 편모조류인 *Ceratium* sp.가 35.2% 출현하였다. 플랑크톤의 밀도는 대체적으로 8~9월에 낮았고, 6월과 10월에 높았으며, chlorophyll-a는 1.69~7.40 $\mu\text{g}/\ell$ 였다.

해만가리비 치패의 선발에 따른 성장차이를 알아보기 위하여 선발시험구(평균각고 21.47±0.80 mm)와 비교시험구(평균각고 16.59±0.99 mm)를 조성하여 185일간 사육한 결과, 각고는 선발시험구 0.17 mm/day, 비교시험구 0.19 mm/day 였고, 전중량은 선발시험구 0.17 g/day, 비교시험구 0.16 g/day 였다. 각고의 일간성장률은 선발시험구 0.487%, 비교시험구 0.606% 였고, 전중량의 일간성장률은 선발시험구 1.600% 및 비교시험구 1.972% 였다. von Bertalanffy 성장모델에 의해 얻어진 각고의 최대 예상값은 54.08 mm(선발시험구) 및 52.62 mm(비교시험구) 였다. 생존율은 선발구는 80.0%, 비교시험구는 87.0%의 생존율을 보였다.

선발시험구의 치패는 상품크기인 평균각고 5 cm 이상으로 성장하는데 3개월이 소요되어 비교시험구보다 1개월 단축되었으나, 12월까지 계속 사육시에는 가리비류에서 나타나는 보상성장(compensatory growth) 효과가 나타나 양 시험구간의 성장차이에 유의차가 없었다.

참 고 문 헌

Andi, A., 1993. Differential growth characteristics of sea scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin,

- 1791) in suspended culture. Degree of Master of Science (Biology). Acadia University, 95 pp.
- Belding, D. L., 1931. The scallop fishery of Massachusetts common wealth. Mar. Fish. Ser., 3 : 51 pp.
- Castagna, M. and W. Duggan, 1971. Rearing the bay scallop, *Argopecten irradians*. Proc. Nat. Shellfish. Assoc., 61 : 80-85.
- Castagna, M. and P. Chanley, 1973. Salinity tolerance of some marine bivalves from in shore and estuarine environments in Virginia waters on the western mid-Atlantic coast. Malacologia, 12 : 47-96.
- Duggan, W. P., 1973. Growth and survival of the bay scallop, *Argopecten irradians*, at various locations in the water column and at various densities. Proc. Natl. Shellfish. Assoc., 63 : 68-71.
- Duggan, W. P., 1975. Reactions of the bay scallop, *Argopecten irradians*, to gradual reductions in salinity. Chesapeake Sci., 6 : 284-286.
- Jeffrey, S. W. and G. F. Humphrey, 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c₁ and c₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochemie und physiologie der pflanzen, 167 pp.
- Loosanoff, V. L. and H. C. Davis, 1963. Rearing of bivalve mollusks. Adv. Mar. Biol., 1 : 1-136.
- MacDonald, B. A., 1984. The partitioning of energy between growth and reproduction in the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin). Ph.D. Thesis. Memorial University, St. John's, Newfoundland, 202 pp.
- MacDonald, B. A. and R. J. Thompson, 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissue. Mar. Ecol. Prog. Ser., 25 : 279-294.
- Mercaldo, R. S. and E. W. Rhodes, 1982. Influence of reduced salinity on the Atlantic bay scallop *Argopecten irradians* (Lamarck) at various temperatures. J. Shellfish. Res., 2 : 177-181.
- Oh, B. S. and C. G. Jung, 1999. Studies on the growth of bay scallop, *Argopecten irradians* in winter season in south sea of Korea. Korean J. Malacol., 15(2) : 71-79.
- Oh, B. S., 2000. Studies on the seedling production and aquaculture of bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck). Ph. D. thesis. University of Ithaca, 174 pp.
- Oh, B. S., C. G. Jung, M. H. Yang and S. Y. Kim, 2000. Effect of rearing density in culture cage on the growth of the bay scallop, *Argopecten irradians*. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea 58 : 88-95.
- Oh, B. S., C. G. Jung and S. Y. Kim, 2002a. Growth of bay scallop, *Argopecten irradians* at different rearing depths. J. of Aquaculture, 15(1) : 61-68.
- Oh, B. S., C. G. Jung, S. Y. Kim, E. Y. Chung and S. Y. Kim, 2002b. Reproductive cycle of the bay scallop, *Argopecten irradians* transplanted from China. J. Korean Fish. Soc., 35(3) : 15-20.
- Pearson, W. M., 1983. Utilization of eight algal species by the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 68 : 1-11.
- Ricker, W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can., 191 : 382 pp.
- Rhodes, E. W. and J. C. Wildman, 1980. Some aspects of the controlled production of the bay scallop (*Argopecten irradians*). Proc. World Maricult. Soc., 11 : 235-246.
- Tettelbach, S. T., 1991. Seasonal changes in a population of northern bay scallops, *Argopecten irradians irradians* (Lamarck, 1819). pp. 164-175. (in) An International Compendium of Scallop Biology and Culture. (eds) Shumway, S. E. and P. A. Sandifer, World Aquaculture Society, Baton Rouge, L. A.
- Wallace, J. S. and T. G. Reinsnes, 1984. Growth variation with age and water depth in the Iceland scallop (*Chlamys islandica*, Pectinidae). Aquaculture, 41 : 141-148.
- Wells, W. F., 1927. Report of the experimental shellfish station. N. Y. State Conser. Dep., 16th Annu. Rep., 113-130.
- YSFRI (Yellow Sea Fisheries Research Institute), 1991. Training manual on breeding and culture of scallop and sea cucumber in China. Regional sea farming Development and Demonstration Project (RAS/90/002), 84 pp.
- Zhang, F., M. Jianghu, H. Yichao, L. Xiangsheng, L. Shuying, and Q. Lingxin, 1991. A Study on the meat condition of the bay scallop in Jiaozhou Bay. Oceanol. Limnol., Sinica, 22(2) : 97-103.
- Zhang, F., 1995. The rise of the bay scallop culture industry in China. fisheries, biology and aquaculture of Pectinids: 8th International Pectinid Workshop, 17 : 131-135.
- 권오길 · 박갑만 · 이준상, 1993. 원색한국패류도감. 도서출판 아카데미서적, 서울, 445 pp.
- 中井甚二郎, 1933. ウキクラウ氏水中溶存酸素定量法の改良に就て. 朝鮮總督府 海洋調査報告, 4 : 25-42.

(접수 : 2002년 4월 4일, 수리 2002년 5월 15일)