

碩 士 學 位 論 文

육상수조식 양식장에서 오분자기, *Haliotis
diversicolor supertexta*의 먹이 및
밀도에 따른 성장



濟 州 大 學 校 大 學 院
水 產 生 物 學 科

高 敬 昊

2000年 12月

육상수조식 양식장에서 오분자기 *Haliotis
diversicolor supertexta*의 먹이 및
밀도에 따른 성장

指導教授 盧 暹

高 敬 昊

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함



高敬昊의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 송 춘 복



委 員 최 광 식



委 員 노 심



濟州大學校 大學院

2000年 12月

Density and Feed Dependent growth of
the Small Abalone, *Haliotis diversicolor*
supertexta Cultivated in Inland Tanks

Gyung-Ho Ko

(Supervised by Professor Sum-Rho)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

Dec. 2000.

목 차

Abstract	i
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 실험재료	3
1) 실험용 치패	3
2) 사육 수조	4
3) 먹이	4
2. 실험방법	5
1) 사육관리	5
2) 성장 및 생존율 조사	6
3. 통계분석	6
III. 결 과	7
1. 사육환경	7
2. 성장효과	9
1) 먹이에 따른 성장 실험	9
2) 밀도에 따른 성장 실험	17
3. 생존율	19

IV. 고 찰 27

V. 요 약 30

VI. 참 고 문 헌 32

감사의 글



Abstract

The study has been conducted to find out growth effects of different feeds and rearing densities on the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* cultivated in the inland tanks of abalone farm located in Jeju island. To know feed effect on the growth, the small abalones were divided by two groups, A and B. Group A were fed with fresh algae and domestic assorted feed, whereas group B were fed with fresh algae and dry tangle from January, 1999 to June, 2000. The other experiment was performed at three different rearing densities (Group A: 1,050 individuals/m²; Group B: 700 individuals/m²; and Group C: 350 individuals/m²) from November, 1999 to June, 2000. Several growth related factors such as shell length, shell width, gross weight and survival rate of the small abalone were estimated monthly throughout the experimental period.

The results obtained were as followed; during the experimental period, water temperature measured at inland tanks was ranged from 15.0 to 19.3°C (the mean, 16.8°C); salinity was from 32.1 to 34.7‰ (the mean, 34.0‰); light intensity was from 10 to 50 lux; pH was from 7.4 to 8.0; and DO was from 7.0 to 7.6 ml/l. The daily growth of shell length and gross weight showed highest from Group A (37.22 μm and 19.03 mg, respectively) that were provided with fresh algae and domestic assorted feed; highest from Group B (34.81 μm and 16.23 mg, respectively) fed with fresh algae and dry tangle. Among the three different rearing densities, the highest daily growth in shell length, shell width and gross weight in order were 28.89 μm, 23.06 μm and 23.14 mg from Group C; 19.10 μm, 15.14 μm and 13.74 mg from Group B; and 15.74 μm, 9.95 μm and 11.44 mg from Group B. At the end of the experiment, total production measured from Group A, B and C were 2618.5 g, 1812.6 g and 1021.7 g, respectively. The survival rates measured from different feed regimes were not much different each other, showing 93.3% from Group A and 92.9% from Group B, whereas

those from the different rearing densities were quite different one another, showing 96.6% from Group A, 95.2% from Group B and 90.5% from Group C.



I. 서론

전복류는 전 세계적으로 약 100여종이 알려져 있으며 우리나라 연안에는 참전복, *Haliotis discus hannai*, 까막전복, *H. discus*, 오분자기, *H. diversicolor supertexta*, 말전복, *H. gigantea*, 시볼트전복, *H. sieboldii*이 분포하고 있다(Hahn, 1989).

이 중 오분자기는 소형종으로 제주도 연안 및 일본, 중국 동부 해안에 분포하고 있다(波部와 小菅, 1967). 지금까지 오분자기는 전복류중 소형종에 속하기 때문에 양식기술개발에 관한 연구는 대부분이 대형 산업종인 참전복(關 等, 1977, 1981; 盧, 1974, 1975, 1985, 1988; 李 等, 1989; 鄭 等, 1994; 朴 等, 1995; 金 等, 1997), 까막전복(猪野, 1952; 韓 等, 1986), 말전복(Murayama, 1935) 등에 집중되어 왔다. 그러나 최근에 생활사가 짧아 단기간에 상품화가 가능한 이점에 착안하여 오분자기의 양식기술 개발에 대한 연구가 우리나라를 비롯한 동남 아시아에서 활발하게 이루어지고 있다.

오분자기류에 관한 연구는 마대오분자기, *H. diversicolor diversicolor*의 산란유발 및 수정란 발생 등에 관한 연구(西村 等, 1969)와 오분자기의 증식에 관한 기초적인 연구(大場, 1964), 마대오분자기의 수온에 따른 생식소의 퇴행과 성숙에 관한 연구(奥崎 等, 1985)등이 있다. 국내에서는 오분자기의 생식세포 형성·생식주기 및 산란유발에 관한 연구(李와 李; 1982)와 마대오분자기와 오분자기의 연령과 성장에 관한 연구(金·鄭; 1985), 오분자기의 어미의 산란 유발 및 수정란 발생에 미치는 환경 요인 중 수온의 영향에 관한 연구(房·韓; 1993)등이 있다. 오분자기 양식에 대한 연구로는 楊·丁(1984 a, b)이 대만 남부지방에서의 오분자기 양식 가능성에 대한 연구와 楊·丁(1989)은 오분자기 다층 양식에 관한 연구, 龔·賴(1990)의 지수식·반유수식 사육에 관한 연구등이 있다. 그러나 양식기술 개발의 가장 기본이 되는 오분자기의 먹이의 종류 및 사육 밀도에 따른 성장의 비교 실험은 찾아보

기 힘들다.

이 연구의 목적은 육상 수조에 설치한 채롱에서 오분자기를 대상으로 한 먹이별 성장과 채롱내 치패의 수용 밀도에 따른 성장을 비교하여 오분자기 완전양식 기술개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 실시하였다.



II. 재료 및 방법

1. 실험재료

1) 실험용 치패

먹이 실험에 사용된 오분자기 치패는 1998년 7월 20일 국립수산진흥원 북제주수산종묘시험장에서 생산된 평균각장 18.57 ± 2.50 mm, 평균체중 0.83 ± 0.32 g되는 치패 13,000마리를 1998년 12월에 분양받아 제주도 북제주군 구좌읍 평대리 소재 명진 영어조합법인 전복 육상 양식장에서 일주일간 먹이적응 기간을 거친후 이중 오분자기 치패 10,474마리를 이용 1999년 1월부터 실험을 시작하여 2000년 6월까지 18개월동안 실험을 실시하였다(Fig. 1).

밀도별 사육시험에 사용한 오분자기는 먹이 실험에 사용하였던 것과 동일한 치패로서 실험어장에서 사육중인 평균각장 34.61 ± 2.25 mm, 평균체중 6.60 ± 1.38 g의 오분자기 1,056마리를 이용하여 1999년 11월부터 2000년 6월까지 8개월동안 사육실험을 실시 하였다.

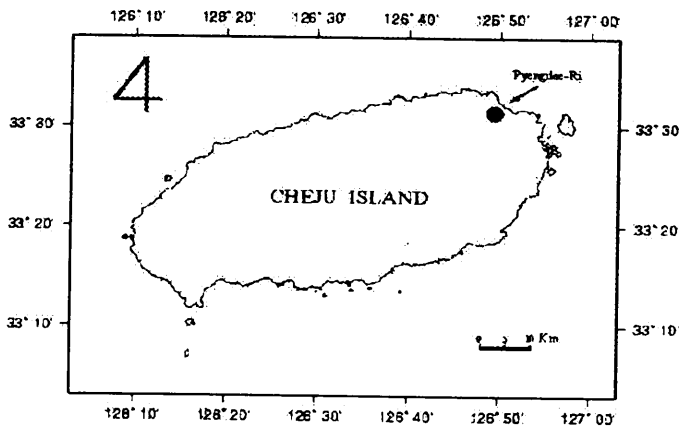


Fig. 1. Map show a study site for *Haliotis diversicolor supertexta*.

2) 사육수조

먹이 실험에 사용된 사육수조는 콘크리트 수조(10×1.1×1 m)내에 망목 1~2 mm되는 크라론 그물로 1×4×0.6 m 되는 사각 가두리 4개를 이용하여 A실험구에는 생해조류(미역, 다시마)와 배합사료, B실험구에는 생해조류(미역, 다시마), 건다시마를 공급하면서 2반복으로 실시하였다.

사용된 쉘타는 초기에는 83×55 cm 크기의 것을 이용하였고, 사육 14개월후부터는 90×72 cm 크기의 것을 사용하였다.

밀도 실험에 사용된 사육수조는 먹이실험과 동일한 크기의 수조를 이용하였으나 실험에 사용한 사육용 가두리는 망목 1~2 mm의 그물로 만든 1×1×0.5 m 사각 가두리 6개를 이용하였다. 사용된 쉘타는 62×49 cm이며 쉘타 총 면적은 0.27 m²가 되게 하였다. 주수는 그물가두리망의 물흐름을 좋게 하기 위하여 그물가두리 위에서 주수하였고, 환수율은 하루 평균 15회전이였다. aeration은 가두리 바깥쪽 저면과 안쪽에서 강하게 폭기하였다.

3) 먹이

실험에 사용한 먹이의 종류는 이화유지의 전복양성용(3호 입경 7 mm ~ 4호 입경 9 mm) 배합사료를 이용하였다. 생사료는 미역, *Undaria pinnatifida*과 다시마, *Laminaria japonica* 그리고 건다시마로서 전남 완도군 금일지역에서 생산되는 것을 구입하여 사용하였다. 밀도 실험에 사용된 먹이는 먹이실험에 사용하였던 이화유지에서 생산한 배합사료를 이용하였다.

2. 실험방법

1) 사육관리

먹이별 실험구에서 최초 수용 마리수는 A실험구 2,876마리(평균각장 18.50 ± 2.50 mm), B실험구 2,861마리(평균각장 18.63 ± 2.36 mm)였고 폐사된 오분자기는 매일 수거하였다. 각 실험구별 공급사료의 종류는 A실험구는 배합사료 28%, 생미역 33%, 생다시마 39%를 B실험구는 생미역 33%, 생다시마 39%에 건다시마 28%비율로 공급하였다.

실험 기간 중 배합사료는 매일 오전 10시경에 공급하였으며, 생해조류는 4~5일에 1회, 건다시마는 2~3일에 1회 공급하였다. 배합사료 공급량은 섭식 정도에 따라 가감하였으며, 생해조류 공급은 부착 셀타가 전부 덮히는 정도로 공급하였으나 섭식 정도에 따라 조절하여 주었다. 청소는 생해조 및 건다시마 실험구 모두 먹이교환시 실시하였으며, 1개월에 1회씩 사육가두리망을 들어내고 수조청소를 실시하였다. 환수율은 시기에 따라 조절하였고, 먹이량은 전자저울을 이용하여 0.1 g까지 측정하였다.

밀도별 실험구에서 최초 수용마리수는 A실험구 294마리(34.37 ± 1.88 mm), B실험구 189마리(34.79 ± 2.25 mm), C실험구 95마리(34.69 ± 1.60 mm)로서 총 578마리를 사용하였다.

폐사된 오분자기는 매일 수거하였고 실험기간중 배합사료는 매일 아침 10시에 공급하였다.

수온은 매일 아침 10시에 수온 봉상 수온계를 이용하여 측정하였으며, 염분은 광학염분계(S/Mill-E, ATAGO), DO는 DO meter (DO-14P), pH는 pH meter (HM-12P)를 이용 매일 측정하였다.

2) 성장 및 생존율 조사

먹이별 실험에서 성장도 측정은 2개월에 1회씩 각 실험구에서 200마리를 무작위로 선택하여 각장 및 전중량을 측정하였으며 밀도별 성장도 측정은 매월 1회 각 실험구에서 50마리를 무작위로 선택 각장 및 전중량을 측정하였다. 실험 종료시인 2000년 6월에는 전 개체의 각장 및 전중량을 측정하였다.

각장은 vernier caliper를 이용하여 0.1 mm까지 측정하였고 전중량은 전자저울을 이용하여 0.1 g 측정하였다. 각 실험구에서 먹이별 성장 및 밀도별 성장효과를 비교하기 위해 각장과 전중량의 성장은 浮(1981)와 菊地 等(1967)의 방식에 의해 다음의 식으로 구하였다.

생존율은 각 실험구별로 매일 폐사 개체를 확인하고 누적 폐사 개체수를 이용하여 구하였다.

$$\text{성장률(\%)} = (L_1 - L_0 / L_0) \times 100$$

$$\text{중증률(\%)} = (W_1 - W_0 / W_0) \times 100$$

여기서 L_0 : 실험시작시 각장(mm)

L_1 : 실험종료시 각장(mm)

W_0 : 실험시작시 중량(g)

W_1 : 실험종료시 중량(g)

3. 통계분석

실험구간에 성장에 따른 유의차를 알아보기 위해 SAS 통계처리 프로그램 (V.6.12)을 이용하여, ANOVA-test를 실시한후 Duncan's multiple range test로 평균간 차이의 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 사육환경

실험을 개시한 1999년 1월부터 종료한 2000년 6월까지 18개월동안 사육한 수조의 월별 수온과 염분 변화는 Fig. 2와 같다. 이 양식장은 년중 17℃ 정도의 지하해수가 나오는 곳으로서 실험기간동안 자연해수와 지하해수의 비율을 1 : 1로 유지하였기 때문에 비교적 수온은 일정하게 유지되었다.

실험기간 중 수온은 15.0~19.3℃(평균 16.8℃)로 '99년 2월이 가장 낮았고 '99년 9월이 가장 높게 나타났다. 염분은 32.14~34.74‰(평균 34.00‰)으로 '99년 6월이 가장 낮게 나타났고, 2000년 6월에 가장 높게 나타났다. pH는 7.4~8.0, DO는 7.0~7.6 ml/l 범위였다.

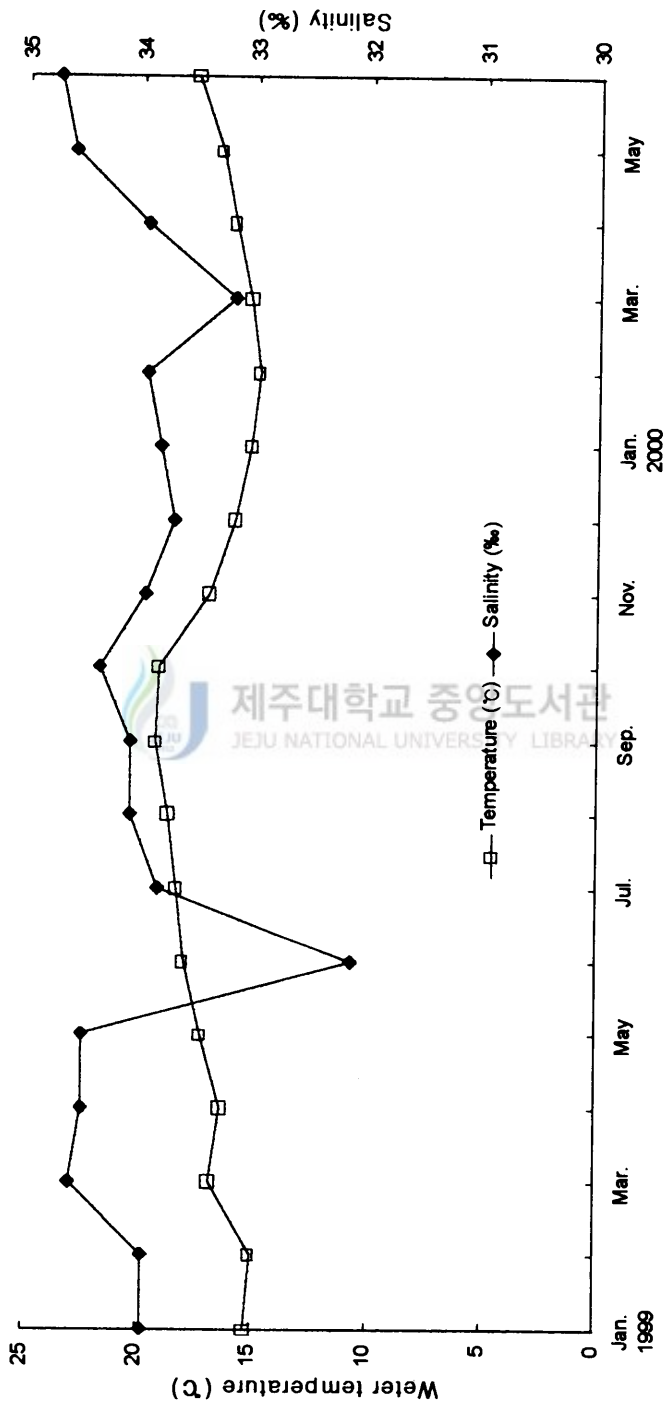


Fig. 2. Monthly variation of water temperature and salinity during the experimental period.

2. 성장효과

1) 먹이에 따른 성장 실험

가. 각장 성장

사육기간 동안의 먹이종류에 따른 월별 각장의 성장은 Fig. 3과 Table 1, 2에 나타내었다. 실험시작시 평균각장은 A 실험구 18.50 ± 2.50 mm, B실험구 18.63 ± 2.36 mm로서 8월까지의 거의 유사한 성장을 하였으나 실험시작 후 10개월 이후부터(A실험구 32.33 ± 4.72 mm, B실험구 31.02 ± 4.59 mm) 유의차가 인정되어($P < 0.05$) 실험종료시 A실험구 38.86 ± 4.93 mm, B실험구 37.67 ± 4.80 mm로 성장하였다. 각장 성장은 A실험구가 B실험구보다 성장이 양호하였다.

나. 전중량 성장

사육기간 동안의 먹이종류별 전중량의 성장은 Fig. 4 및 Table 3, 4와 같다. 실험시작시 평균전중량은 A실험구 0.83 ± 0.31 g, B실험구 0.84 ± 0.32 g로서 4월까지의 유사한 성장을 하였으나, 실험시작 후 6개월 이후부터(A실험구 3.82 ± 0.95 g, B실험구 3.31 ± 0.79 g) 유의차가 인정되어($P < 0.05$), 실험종료시에는 A실험구 11.24 ± 4.12 g, B실험구 9.72 ± 3.73 g로 성장하여 전중량 성장은 A실험구가 B실험구보다 양호하게 나타났다.

다. 일간 성장

먹이종류에 따른 전 실험 기간중의 일간 각장의 성장은 Table 1, 그리고 2개월 간격으로 조사한 일간 각장의 성장은 Table 2와 같다. 전 실험 기간중의 일간 각장 성장은 A실험구가 $37.22 \mu\text{m}$ 로 B실험구 $34.81 \mu\text{m}$ 에 비하여 높았다. 계절별 성장차이를 고려하여 격월 간격으로 조사한 각장의 일간

성장량은 실험 개시후 8, 12, 14개월째를 제외하고는 모두 A실험구에서 더 높은 성장량을 보였다.

먹이 종류에 따른 전 실험 기간중의 일간 증중량 성장은 Table 3과 같고 격월 간격으로 조사된 일간 증중량은 Table 4와 같다. 전 실험 기간중의 일간 증중량은 A실험구가 19.03 mg으로 B실험구는 16.23 mg보다 더 높았다. 격월 간격으로 조사된 체중의 일간 성장량은 8월과 10월을 제외하고 전 기간이 A실험구에서 더 높은 성장을 나타냈다.



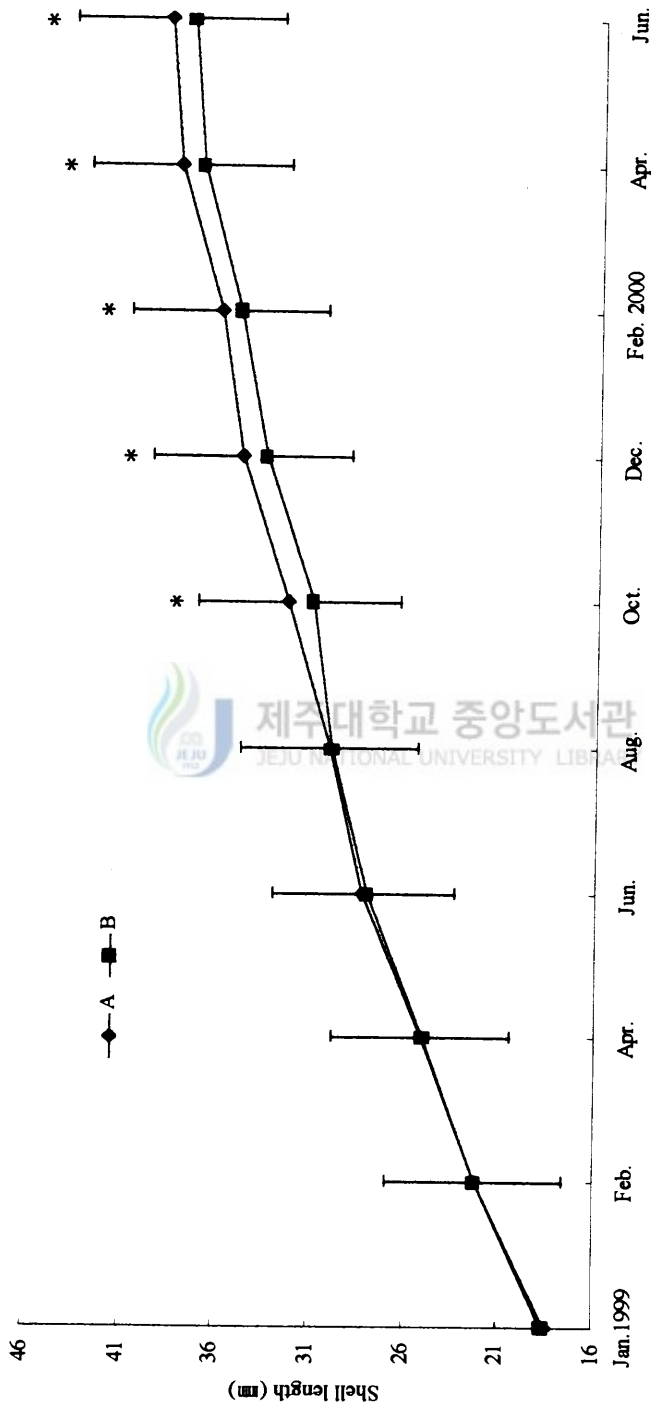


Fig. 3. Shell growth of the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* with different diets.

A : Feeding with diet, *U. pinnatifida*, *L. japonica*

B : Feeding with *U. pinnatifida*, *L. japonica*, Dry *L. japonica*

* : Values in the same column having not sharing a common superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

Table 1. Summary of the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* growth in term of shell length and survival rates

Feeding period: January 1999 to June 2000

Experimental district	Mean shell length (mm)		Increment (mm)	Growth rate (%)	Survival rate (%)
	Initial	Final			
A	18.50 ± 2.50	38.86 ^a ± 4.93	20.36	110.05	93.3
B	18.63 ± 2.36	37.67 ^b ± 4.80	19.04	102.20	92.9

Values in the same column having different alphabetical superscripts indicate that they are significantly different Duncan's multiple range test (P < 0.05).

A : Feeding with diet, *U. pinnatifida*, *L. japonica*

B : Feeding with *U. pinnatifida*, *L. japonica*, Dry *L. japonica*

Table 2. Summary of the monthly the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* growth in terms of shell size increase

		Feeding period: January 1999 to June 2000					
Experimental district	Initial	Experimental period (month)					
		2	4	6	8		
A	18.50±2.50	22.26±4.69	25.08±4.69	28.27±4.73	30.08±4.70		
B	18.63±2.36	22.19±4.58	25.01±4.60	28.01±4.59	30.00±4.59		
Experimental district		Experimental period (month)					
	10	12	14	16	Final		
A	32.33 ^a ±4.72	34.82 ^a ±4.72	36.00 ^a ±4.73	38.23 ^a ±4.70	38.86 ^a ±4.93		
B	31.02 ^b ±4.59	33.57 ^b ±4.54	35.00 ^b ±4.60	37.05 ^b ±4.57	37.67 ^b ±4.80		

Values in the same column having different alphabetical superscripts indicate that they are significantly different Duncan's multiple range test (P < 0.05).

A : Feeding with diet, *U. pinnatifida*, *L. japonica*

B : Feeding with *U. pinnatifida*, *L. japonica*, Dry *L. japonica*

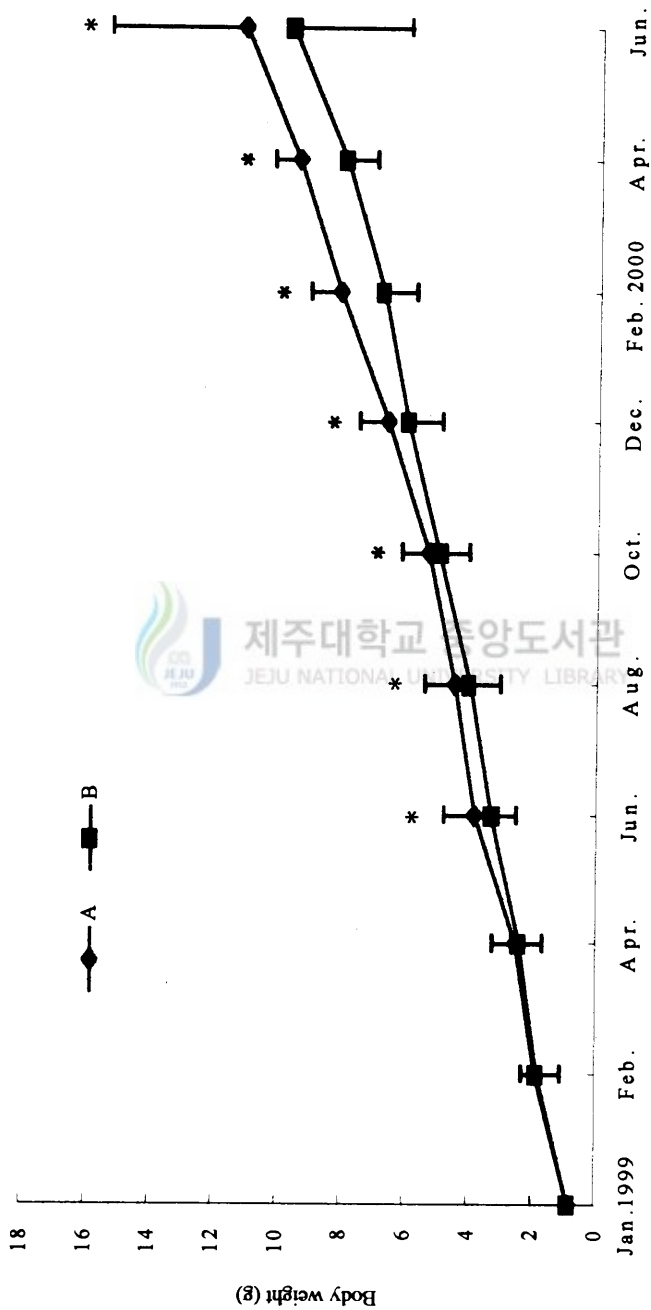


Fig. 4. Weight increase in the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* with different diet.

A : Feeding with diet, *U. pinnatifida*, *L. japonica*

B : Feeding with *U. pinnatifida*, *L. japonica*, Dry *L. japonica*

* : Values in the same column having not sharing a common superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

Table 3. Summary of the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* growth in terms of weight increase

Feeding period: January 1999 to June 2000

Experimental district	Mean body weight (g)		Increment (g)	Growth rate (%)
	Initial	Final		
A	0.83 ± 0.31	11.24 ^a ± 4.11	10.41	1,254.21
B	0.84 ± 0.32	9.72 ^b ± 3.72	8.88	1,057.14

Values in the same column having different alphabetical superscripts indicate that they are significantly different Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

A : Feeding with diet, *U. pinnatifida*, *L. japonica*

B : Feeding with *U. pinnatifida*, *L. japonica*, Dry *L. japonica*

Table 4. Summary of monthly growth in terms of weight increase in the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta*
Feeding period: January 1999 to June 2000

Experimental district	Experimental period (month)						
	Initial	2	4	6	8	10	12
A	0.83±0.31	1.87±0.47	2.51±0.78	3.82 ^a ±0.95	4.48 ^a ±0.93		
B	0.84±0.32	1.82±0.72	2.42±0.72	3.31 ^p ±0.79	4.02 ^p ±0.95		
Experimental district	Experimental period (month)						
	10	12	14	16	Final		
A	5.32 ^a ±0.81	6.65 ^a ±0.86	8.16 ^a ±0.94	9.45 ^a ±0.83	11.24 ^a ±4.12		
B	5.02 ^p ±0.96	6.01 ^p ±1.07	6.80 ^p ±1.00	8.01 ^p ±0.96	9.72 ^p ±3.73		

Values in the same column having different alphabetical superscripts indicate that they are significantly different Duncan's multiple range test (P <0.05).

A : Feeding with diet, *U. pinnatifida*, *L. japonica*,

B : Feeding with *U. pinnatifida*, *L. japonica*, Dry *L. japonica*

2) 밀도에 따른 성장 실험

가. 각장 성장

전 실험기간 동안의 밀도별 각장의 성장과 성장률, 생존율은 Table 5와 같으며 각 실험구의 월별 평균 각장의 성장은 Fig 5와 Table 6과 같다. 실험시작시 평균 각장은 A·B·C 실험구 각각 34.37 ± 1.88 mm, 34.79 ± 2.25 mm, 34.69 ± 1.60 mm였고, 실험종료시는 A실험구 38.07 ± 2.67 mm, B실험구 39.28 ± 3.40 mm, C실험구 41.48 ± 2.13 mm 로 성장하였다. 각장 성장은 밀도가 가장 낮은 C실험구가 가장 높았으며, 밀도가 가장 높은 A실험구가 가장 저조하였다. 그리고 각 실험구간의 유의성 검정은 95% 신뢰한계 수준에서 사육 2개월째에서 A실험구 35.31 ± 1.49 mm와 B실험구 35.90 ± 1.92 mm, B실험구 35.90 ± 1.92 mm와 C실험구 36.42 ± 2.11 mm에서는 유의차가 없었으나 A 실험구와 C실험구간에는 유의차가 인정되었다. 실험시작 후 4개월 이후부터 A실험구 36.31 ± 1.98 mm, B실험구 37.13 ± 1.25 mm, C실험구 38.11 ± 1.97 mm로서 각 실험구간 평균 각장의 성장은 유의한 차이를 보이기 시작하여 실험종료시까지 유의차가 인정되었다($P < 0.05$).

나. 각폭 성장

밀도별 실험에서 사육기간 동안 실험구별 각폭의 성장효과는 Table 7과 같다. 실험시작시 각장은 A실험구 22.55 ± 1.31 mm, B실험구 22.66 ± 1.43 mm, C 실험구 22.86 ± 1.17 mm에서 실험종료시 각각 24.89 ± 1.88 mm, 26.22 ± 2.22 mm, 28.28 ± 1.84 mm로서 각 실험구간의 성장은 현저한 차이가 인정되었다 ($P < 0.05$). 실험 사육기간중의 성장률에 있어서도 A실험구가 10.38%, B실험구 15.71%, C실험구 23.71%였고, 전 실험 기간중의 각 실험구별 일간 성장량은 A실험구가 $9.95 \mu\text{m}$, B실험구 $15.14 \mu\text{m}$, C실험구 $23.06 \mu\text{m}$ 로서 밀도가 낮은 C실험구에서 가장 좋은 결과를 나타낸 반면 밀도가 가장 높은 A실험구가 가장 저조하였다.

다. 전중량 성장

밀도별 실험에서 실험기간 동안 실험구별 전중량의 성장은 Fig 6과 Table 8, 9에 나타내었다. 실험시작시 평균 전중량은 A, B, C실험구 각각 6.53 ± 1.16 g, 6.84 ± 1.38 g, 6.44 ± 0.79 g 이었다. 각 실험구간의 평균 전중량의 성장은 실험시작 후 2개월 이후부터 B실험구 7.62 ± 1.26 g와 C실험구 7.84 ± 1.01 g 간에는 유의차가 나타나지 않았으나($P > 0.05$), A실험구 7.22 ± 1.00 g와 B, C 실험구간에는 유의차가 나타나기 시작하였다($P < 0.05$). 실험시작 후 4개월 이후부터 A실험구 7.91 ± 1.21 g, B실험구 8.53 ± 2.18 g, C실험구 9.23 ± 1.55 g으로 각 실험구간에 모두 유의적인 차이가 인정되어 실험종료 시에는 평균 전중량은 A실험구 9.22 ± 2.13 g, B실험구 10.07 ± 3.52 g, C실험구 11.88 ± 2.16 g으로 유의적인 성장을 하였다($P < 0.05$). 따라서 전중량 성장은 밀도가 낮은 C실험구 11.88 g으로 가장 양호하였고 밀도가 높은 A 실험구 9.22 g으로 가장 나빴다. 그러나 실험종료시 총생산량을 비교하면 A실험구 $2,618.5$ g, B실험구 $1,812.6$ g, C실험구 $1,021.7$ g으로 A실험구의 총생산량이 가장 많았다.

라. 일간 성장

수용 밀도별 실험에서 전 실험 기간 동안의 일간 각장 및 각폭, 전중량의 성장량은 Table 5 그리고 7, 8과 같다. 전 실험 기간중의 일간 각장의 성장은 C실험구에서 $15.76 \sim 54.06$ μm 범위였고 전 실험 기간중의 평균 일간 각장은 28.89 μm 로 가장 높았다. B실험구에서는 $12.11 \sim 34.68$ μm 범위로서 전 실험 기간중의 평균 일간 각장은 19.10 μm , A실험구에서는 $9.61 \sim 29.37$ μm 범위였고 전 사육 기간중의 평균 일간 각장은 15.74 μm 였다. 일간 각폭 성장은 A실험구 9.95 μm , B실험구 15.14 μm , C실험구 23.06 μm 로 C실험구에서 가장 좋은 성장을 나타냈다. 전 실험 기간중의 일간 증중량의 성장은 C실험구에서 $12.88 \sim 43.75$ mg 범위였고 전 실험 기간중의 평균 일간 증중량의 성장은 23.14 mg로 가장 양호하였다. B실험구에서는 $6.92 \sim$

24.37 mg 범위로서 전 실험 기간중의 평균 일간 증중량의 성장은 13.74 mg, A실험구에서는 5.96~21.56 mg 범위였고 전 사육 기간중의 평균 일간 증중량의 성장은 11.44 mg를 나타내었다.

3. 생존율

실험기간중 먹이종류에 따른 생존율은 Table 1과 같다. 실험사육 기간중 먹이종류에 따른 생존율은 A실험구가 93.3%로 높았으며, B실험구는 92.9%로 두 실험구 모두 실험 기간중에 대량 폐사가 일어난 일은 없었으나, 실험 개시 직후와 격월 성장 계측을 하고 난 후 소수의 개체가 폐사한 것을 제외 하면, 생존율은 매우 높게 나타났다.

실험 사육 기간중 밀도에 따른 생존율은 Table 5와 같다. 밀도에 따른 생존율은 A실험구가 96.6%, B실험구 95.2%, C실험구가 90.5%로서 먹이종류에 따른 생존율과 마찬가지로 생존율은 비교적 전 실험구에서 높았다.

Table 5. Summary of growth of the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* in shell size and survival rates of the density variation

Feeding period: November 1999 to June 2000

Experimental district	Mean shell length (mm)		Increment (mm)	Growth rate (%)	Survival rate (%)
	Initial	Final			
A	34.37 ± 1.88	38.07 ^a ± 2.67	3.70	10.76	96.6
B	34.79 ± 2.25	39.28 ^b ± 3.40	4.49	12.90	95.2
C	34.69 ± 1.60	41.48 ^c ± 2.13	6.79	19.57	90.5

Values in the same column having different alphabetical superscripts indicate that they are significantly different Duncan's multiple range test (P < 0.05).

Density of the abalone per m² - A, 1050/m²; B, 750/m²; C, 350/m²

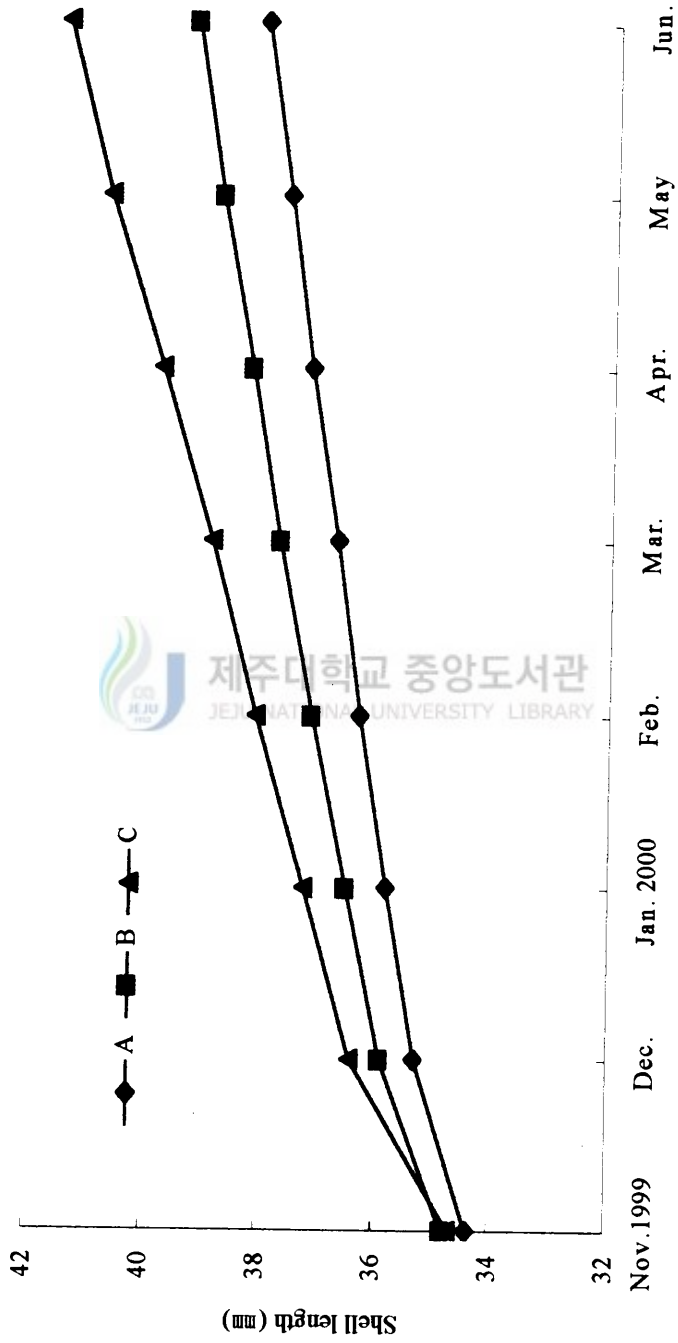


Fig. 5. Density dependent shell growth in the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta*. Density of the abalone per m² - A, 1050/m²; B, 750/m²; C, 350/m².

Table 6. Monthly growth of the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* in terms of shell size increase with different density trial

Feeding period: November 1999 to June 2000

Experimental district	Experimental period (month)			
	Initial	1	2	3
A	34.37 ± 1.88	35.31 ^b ± 1.49	35.81 ^b ± 1.65	36.31 ^c ± 1.98
B	34.79 ± 2.25	35.90 ^{ab} ± 1.92	36.53 ^{ab} ± 2.33	37.13 ^b ± 1.25
C	34.69 ± 1.60	36.42 ^a ± 2.11	37.24 ^a ± 1.81	38.11 ^a ± 1.97
Experimental district	Experimental period (month)			Final
	4	5	6	
A	36.72 ^c ± 2.13	37.21 ^c ± 2.07	37.62 ^c ± 2.51	38.07 ^c ± 2.67
B	37.73 ^b ± 1.14	38.23 ^b ± 2.60	38.80 ^b ± 1.36	39.28 ^b ± 3.40
C	38.90 ^a ± 1.94	39.81 ^a ± 1.29	40.73 ^a ± 2.09	41.48 ^a ± 2.13

Values in the same column having different alphabetical superscripts indicate that they are significantly different Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

Density of the abalone per m²- A, 1050/m²; B, 750/m²; C, 350/m²

Table 7. Summary of shell growth of the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* with different density

Feeding period: November 1999 to June 2000

Experimental district	Mean shell width (mm)		Increment (mm)	Growth rate (%)
	Initial	Final		
A	22.55 ± 1.31	24.89 ^a ± 1.88	2.34	10.38
B	22.66 ± 1.43	26.22 ^b ± 2.22	3.56	15.71
C	22.86 ± 1.17	28.28 ^c ± 1.84	5.42	23.71

Values in the same column having different alphabetical superscripts indicate that they are significantly different Duncan's multiple range test (P < 0.05).

Density of the abalone per m²- A, 1050/m²; B, 750/m²; C, 350/m²

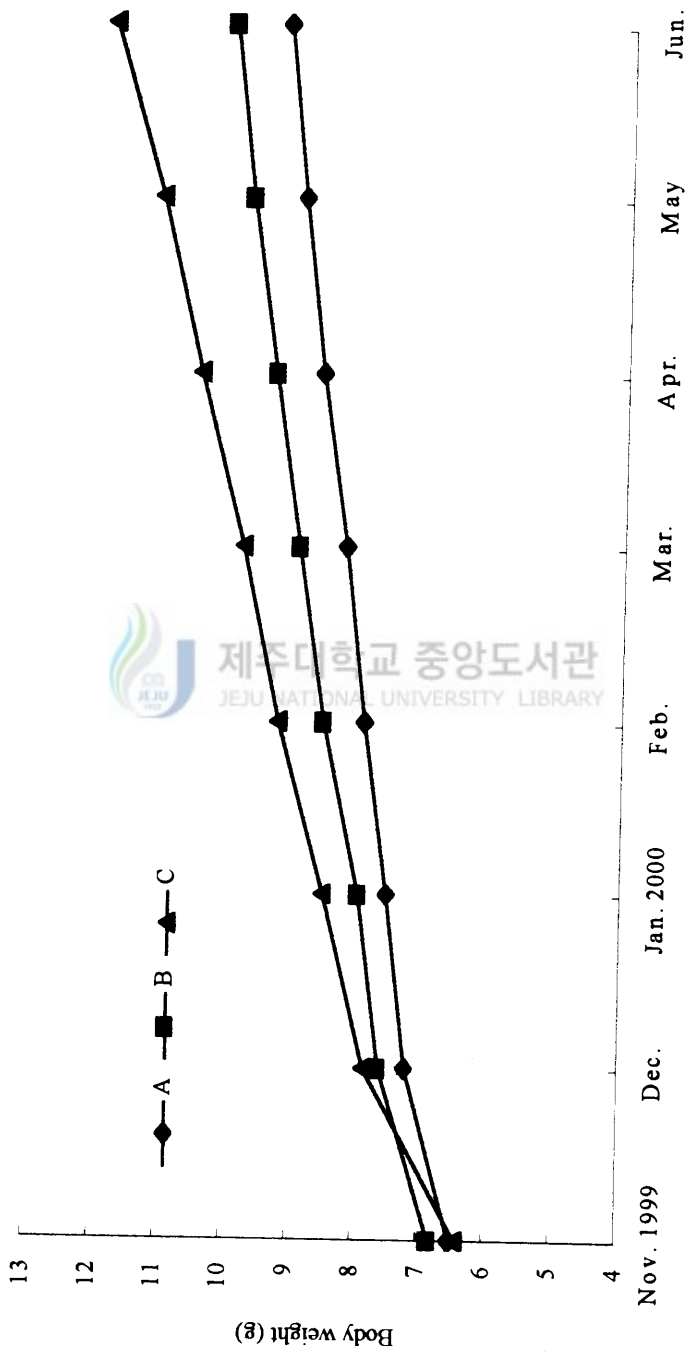


Fig. 6. Density dependent weight increase in the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta*
 Density of the abalone per m^2 - A, 1050/ m^2 ; B, 750/ m^2 ; C, 350/ m^2 .

Table 8. Summary of growth of the small abalone, *Haliotis diversicolor supertextat* in terms of weight gain, with different density

Feeding period: November 1999 to June 2000

Experimental district	Mean body weight (g)		Increment (g)	Growth rate (%)
	Initial	Final		
A	6.53 ± 1.16	9.22 ^a ± 2.13	2.69	41.19
B	6.84 ± 1.38	10.07 ^b ± 3.52	3.23	47.22
C	6.44 ± 0.79	11.88 ^c ± 2.16	5.44	84.47

Values in the same column having different alphabetical superscripts indicate that they are significantly different Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

Density of the abalone per m^2 - A, 1050/ m^2 ; B, 750/ m^2 ; C, 350/ m^2

Table 9. Monthly weight gain of the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* with different density
 Feeding period: November 1999 to June 2000

Experimental district	Experimental period (month)			
	Initial	1	2	3
A	6.53 ± 1.16	7.22 ^b ± 1.00	7.53 ^c ± 1.76	7.91 ^c ± 1.21
B	6.84 ± 1.38	7.62 ^a ± 1.26	7.98 ^{ab} ± 1.78	8.53 ^b ± 2.18
C	6.44 ± 0.79	7.84 ^a ± 1.01	8.51 ^a ± 1.42	9.23 ^a ± 1.55
Experimental district	Experimental period (month)			
	4	5	6	Final
A	8.23 ^c ± 1.51	8.64 ^c ± 1.60	8.93 ^c ± 1.89	9.22 ^c ± 2.13
B	8.93 ^b ± 1.36	9.33 ^b ± 2.24	9.74 ^b ± 2.02	10.07 ^b ± 3.52
C	9.81 ^a ± 2.10	10.50 ^a ± 1.38	11.10 ^a ± 1.84	11.88 ^a ± 2.16

Values in the same column having different alphabetical superscripts indicate that they are significantly different Duncan's multiple range test (P < 0.05).

Density of the abalone per m² - A, 1050/m²; B, 750/m²; C, 350/m²

IV. 고 찰

제주지역 육상수조식양식의 이점 가운데 하나는 년중 17.0℃내외의 지하해수가 개발되어 고·저수온기 수온조절이 용이하며 성장최적수온 유지기간을 최대화할수 있다는 점일 것이다. 이런 환경조건을 갖춘 전복양식장을 오분자기 시험양식 장소로 선정하였다. 시험양식 사육기간 중 월 평균 수온은 15.0~19.3℃ 범위였다. 이는 제주지역 육상수조 양식장에서 고수온기에 23.0℃ 내외에서 관리하고 있는 것에 비하여 비교적 낮은 수온이었다. 이 원인은 실험양식장 취수시설이 부족하여 지하해수와 자연해수를 1:1로 밖에 혼합시켜주지 못했기 때문이었다. 오분자기는 생태적으로 온대 및 아열대수역에서 보통 수심 5 m이천에서 서식하고 있다. 우리나라에서는 아직 오분자기의 성장 최적 수온에 대해 연구된바 없으나 오분자기 양식이 성행하고 있는 대만은 수온범위가 16.0~28.0℃이며 30.0℃를 넘는 기간도 존재한다(楊·丁, 1984 a,b). 수온 20.0~25.0℃에서 성장이 양호하다는 점을 고려할 때 고수온기에 저수온이 성장에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 먹이종류에 따른 성장 실험 결과를 보면 각장 성장은 A실험구와 B실험구에서 실험시작 후 10개월 이후부터(32.33 ± 4.72 mm, 31.02 ± 4.59 mm) 실험종료시(38.86 ± 4.93 mm, 37.67 ± 4.80 mm)까지 95% 신뢰수준에서 유의차가 인정되었고 전중량은 A실험구와 B실험구에서 실험시작 후 6개월 이후부터(3.82 ± 0.95 g, 3.31 ± 0.79 g) 실험종료시(11.24 ± 4.12 g, 9.72 ± 3.73 g)까지 유의차가 인정되었다. 각장과 전중량 모두 생해조류(미역, 다시마)와 국산 배합사료를 혼합 공급한 A실험구(일간성장률; 37.22 μ m, 19.03 mg)가 생해조류와 건 다시마를 공급한 B실험구(일간성장률; 34.81 μ m, 16.23 mg)보다 성장이 좋게 나타났다. 이는 전복에서 孔 等(1989)이 보고한 미역과 다시마 단독 투여구와 혼합투여구를 비교할 때 혼합투여한 실험구가 단독 투여한 실험구보다 성장이 양호하게 나타난 것과 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

생존율 역시 생해조류와 국산배합사료를 혼합 공급한 A실험구(93.3%)가 B실험구(92.9%)보다 양호하게 나타났으며 두 실험구 모두 18개월 동안의 장기간 사육실험에서 90%이상의 높은 생존율을 보였다. 이는 대만의 楊等(1984)이 보고에서 6개월 사육기간 동안 생존율이 69.9%~71.9%였던 것과, 龔等(1990)이 5개월 사육기간동안 74.6%~84.2%의 생존율을 나타낸 것과 비교하여 양호한 결과를 얻을 수 있었다. 이는 실험 시작시 입식한 치패의 크기가 평균 18.57 ± 2.50 mm로 초기 감모가 일어나지 않았고 년중 17.0°C 정도의 지하해수를 이용함으로써 실험기간 중 수온이 $15.0 \sim 19.3^{\circ}\text{C}$ (평균 16.8°C)로 낮았기 때문인 것으로 판단된다.

밀도에 따른 성장 실험 결과를 보면 각장, 각폭, 전중량 모두 m'당 350마리를 수용한 C실험구가 1,050마리, 700마리를 수용한 A·B실험구보다 성장이 양호하게 나타났다. 각장 성장은 실험 2개월째에서 A실험구 35.31 ± 1.49 mm와 B실험구 35.90 ± 1.92 mm, B실험구 35.90 ± 1.92 mm와 C실험구 36.42 ± 2.11 mm에서는 유의차가 없었으나 A실험구와 C실험구간에는 유의차가 나타나기 시작하여 실험시작 후 4개월 이후부터(A실험구 36.31 ± 1.98 mm, B실험구 37.13 ± 1.25 mm, C실험구 38.11 ± 1.97 mm) 실험종료시(A실험구 38.07 ± 2.67 mm, B실험구 39.28 ± 3.40 mm, C실험구 41.48 ± 2.13 mm)까지 실험구간에 유의차가 인정되었다. 실험구별 각장과 각폭, 전중량의 일간 성장률을 비교하면 A실험구가 $15.74 \mu\text{m}$, $9.95 \mu\text{m}$, 11.44 mg을 나타냈고 B실험구가 $19.10 \mu\text{m}$, $15.14 \mu\text{m}$, 13.74 mg으로 성장하였다. 그리고 C실험구가 $28.89 \mu\text{m}$, $23.06 \mu\text{m}$, 23.14 mg으로 성장은 밀도가 낮은 실험구가 밀도가 높은 실험구보다 양호한 것을 알 수 있었다. 이는 대만의 楊等(1989)이 보고에서 m'당 약 364마리를 수용한 실험구가 가장 성장이 양호하다는 내용과는 일치한다. 실험종료시 총생산량을 비교하면 A실험구가 2618.5 g, B실험구 1812.6 g, C실험구 1021.7 g으로 가장 높게 나타나 경제성이 뛰어난 적정 사육 밀도에 대한 연구가 계속 이루어져야 될 것으로 판단된다.

생존율을 비교해보면 8개월 동안의 실험기간 중에서 A실험구 96.6%, B

실험구 95.2%, C실험구 90.5%의 생존율을 나타냄으로서 먹이종류별 성장 실험구와 마찬가지로 높은 생존율을 보여주었다. 밀도가 낮은 C실험구가 A실험구와 B실험구에 비하여 생존율이 낮게 나타난 것은 개체 측정에 따른 스트레스가 작용한 것으로 판단된다.

이상의 결과에서 볼 때 오분자기 양성시 먹이는 해조류가 풍부하게 생산 되는 시기에는 생해조류와 배합사료를 혼합하여 공급하여주고 여름철 해조류가 생산되지 않는 시기에는 배합사료를 공급해 줌으로서 성장률을 좋게 할 수 있을 것으로 생각된다.



V. 요약

육상수조식 양식장에서 오분자기, *Haliotis diversicolor supertexta*의 먹이 및 밀도에 따른 성장효과를 알아보기 위하여 북제주군 구좌읍 평대리 소재 전북 육상수조식 양식장에서, 먹이별 실험은 A실험구(배합사료와 생미역, 생다시마)와 B실험구(생미역, 생다시마 및 건다시마)로 나누어 1999년 1월에서 2000년 6월까지 18개월 동안 실시하였다. 밀도별 실험은 실험구 A(1,050마리/m²), 실험구 B(700마리/m²), 실험구 C(350마리/m²)로 나누어 1999년 11월부터 2000년 6월까지 8개월동안 실시하였다. 먹이 종류와 사육 밀도에 따른 각장, 각폭, 전중량의 변화와 생존율을 조사하였다.

1. 실험기간 중 수온은 15.0~19.3℃(평균 16.8℃)였고, 염분은 32.14~34.74‰(평균 34.00‰)을 유지하였다. 조도는 10~50 lux, pH는 7.4~8.0, DO는 7.0~7.6 범위였다.
2. 먹이별 성장 실험에서 일간 각장과 전중량의 성장은 생해조류와 배합사료를 공급한 A실험구가 37.22 μm 와 19.03 mg으로 생해조류와 건다시마를 공급한 B실험구의 34.81 μm 와 16.23 mg보다 더 빠르게 성장하였다.
3. 밀도별 성장 실험에서 일간 각장과 각폭 그리고 전중량의 성장은 C 실험구(350마리/m²)에서 각각 28.89 μm , 23.06 μm , 23.14 mg으로 가장 빠르게 성장 하였고, 그다음 B 실험구(700마리/m²)는 각각 19.10 μm , 15.14 μm , 13.74 mg, A 실험구(1,050마리/m²)는 각각 15.74 μm , 9.95 μm , 11.44 mg의 순위였다. 그러나 실험종료시 각 밀도 실험구별

총생산량은 A실험구 2,618.5 g, B실험구 1,812.6 g, C실험구 1,021.7 g으로 A실험구의 총생산량이 가장 많았다.

4. 먹이 종류별 성장 실험에서 생존율은 A실험구가 93.3%, B실험구가 92.9%였다. 사육 밀도별 성장실험에서 생존율은 A실험구가 96.6%, B실험구 95.2%, C실험구가 90.5%의 순위였다.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

VI. 참고 문헌

- Duncan, D. B. 1995. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics.*, 11, 1~42.
- Hahn, K. O. 1989. Handbook of culture of abalone and other marine gastropods. CRC Press. Florida. 7~8.
- Murayama, S., 1935. On the development of the Japanese abalone, *Haliotis gigantea*. *J. of the Coll. Agri., Tokyo Imp. Univ.*, 8, 227~232.
- 關 哲夫. 管野 尚. 1977. エゾアワビの初期發生と水溫による發發生度の制御. 東北區水研報, 38, 143~153.
- 關 哲夫. 管野 尚. 1981. アワビ足蹠粘液狀物質によるエゾアワビ被面子幼生の着底誘起, 東北水研報, 43, 29~36.
- 菊地省吾・櫻井保雄・左左木 實・伊藤富夫, 1967. 海藻20種のアワビ稚貝に對する餌料效果. 東北水研報. 27, 93~100.
- 大場俊雄, 1964. トコブシの増殖に關する 基礎的研究-II, 發生について, 日水誌, 30(10), 809~819.
- 西村和久・三木誠・伊藤茂・鹽屋照雄, 1969. フクトコブシの増殖について-I 發生と初期成長. 日水誌. 35(4), 336~341.
- 奥崎文一・工藤眞弘・堤清樹・大野淳・小笠原義光, 1985. 水溫調節によるフクトコブシの成熟促進. 水産増殖. 33(3), 166~171.
- 楊鴻禧・丁雲源, 1984. 臺灣南部養殖九孔可行性之探討, *Bulletin of Taiwan Fisheries Research Institute.* 37. 145~154.
- 楊鴻禧・丁雲源, 1984. 九孔陸上多層養殖方法之研究, *Bulletin of Taiwan Fisheries Research Institute.* 48. 209~215.
- 楊鴻禧・丁雲源, 1989. 九孔陸上養殖之生產力之研究. *Bulletin of Taiwan Fisheries Research Institute.* 46, 215~223.

- 浮 永久. 1981. エゾアワビに對する コンブ目海藻の餌料價值. 東北水研研究報告, 42, 19~29
- 波部忠重・小菅貞男, 1967. 貝・標準原色圖鑑全集3. 保育社, 東京, 261~281
- 曾福生・賴竹蘭, 1990. 九孔止水式・半流水式與流水式養殖之比較. Bulletin of Taiwan Fisheries Research Institute. 48, 273~284.
- 猪野 峻. 1952. 邦産アワビ屬の増殖に關する生物學的研究 東海區水研報, 5, 1~102.
- 孔龍根・孫武翼・洪正杓, 1989. 전복 垂下式養殖 試驗. 水振研究報告. 47, 133~115.
- 金鳳來・金在祐・元承煥・魏種煥・朴弘陽, 1997. 전복 稚貝의 中間育成時 光條件에 따른 成長效果. 水振研究報告. 53, 103~110.
- 金在祐・鄭相喆, 1985. 濟州道産 오분자기類의 成長에 關한 研究, 濟州大海資研報. 9, 39~50.
- 盧暹, 1988. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 種苗生産에 關한 研究, 釜山水産大學博士學位論文. pp139.
- 盧暹・高昌淳・金承憲. 1985. 전복의 増殖에 關한 研究. (IV), 室外 canvas 水槽를 利用한 簡易採苗. 水振研報. 36, 69~80.
- 盧暹・朴春奎・卞忠圭. 1974. 전복의 増殖에 關한 研究. (I), 麗水近海産 전복, *Haliotis discus hannai* Ino의 春季採卵에 關하여. 水振研報. 13, 77~92.
- 盧暹・朴春奎. 1975. 전복의 増殖에 關한 研究. (II), 麗水近海産 전복, *Haliotis discus hannai* Ino의 産卵期. 韓水誌. 8(4), 234~241.
- 朴武億・盧暹・宋春福, 1995. 폐쇄순환여과시스템에서의 참전복, *Haliotis discus hannai*, 치패 사육밀도와 성장. 濟州大學校 海洋研究所 研究報告. 19, 93~102.
- 房極旬・韓碩重, 1993. 오분자기 *Haliotis diversicolor aquatilis* (Reeve)의 産卵 및 發生에 미치는 水溫의 影響. 水振研究報告. 47, 103~115.

- 李正義 · 孫松正 · 韓碩重 · 金炳均, 1989. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino과 까막전복 *Haliotis discus* (Reeve) 初期稚貝의 成長比較. 水振研究報告. 47, 103~115.
- 李定宰 · 李昌奎, 1982. 오분자기, *Haliotis diversicolor aquatilis*(Reeve)의 生殖細胞形成, 生殖週期 및 産卵誘發. 濟州大海資研報. 6, 9~25.
- 鄭成采 · 池榮洲, 1994. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 陸上水槽飼育에 關한 研究. II. 먹이별 飼育試驗. 韓國養殖學會. 7(2), 77~87.
- 韓碩重 · 李正義 · 金炳均 · 金應吾 · 梁官有, 1986. 海藻 9種에 對한 까막전복 稚貝의 먹이效果. 水振研究報告. 39, 127~133.



감사의 글

부족함이 많은 저를 믿어주시고, 항상 격려해 주시며 학문의 길을 열어 주신 노 섬 교수님께 먼저 감사를 드립니다. 그리고 바쁘신 중에도 논문을 세심하게 교정해 주신 송춘복 교수님과 최광식 교수님께 감사드립니다. 또한, 항상 관심을 가지시고 격려해 주신 이정재 교수님, 정상철 교수님, 이기완 교수님, 이영돈 교수님, 이제희 교수님, 허문수 교수님, 여인규 교수님께 감사드립니다.

이 논문이 완성되기 까지 많은 배려와 도움을 주신 김대환 과장님과 채군배 계장님, 진창남 계장님, 최영진 선배님, 송윤경 선배님, 정성필 선배님, 강명주 선배님, 장근수 선배님, 오상필 님, 강은희 님 그리고 이장우 청장님을 비롯한 해양청 가족과 김재우, 김봉래 연구사님께 감사드립니다. 그리고, 기회 있을 때마다 도움을 주신 남해수산연구소 제주분소 강용진 분소장님, 북제주배양장 한석중 장장님, 남제주배양장 이정의 장장님을 비롯하여 남해수산연구소 제주 직원분들에게 감사의 말씀을 올리고, 김종수, 송영보 후배님을 포함한 어류양식연구실 및 발생학 실험실 후배들에게도 감사드립니다.

또한 사랑으로 항상 저를 지켜주시는 부모님과 장인·장모님, 그리고 가족 여러분에게 머리 숙여 감사드립니다.

끝으로 항상 밝은 웃음과 함께 어려울 때마다 확실하게 힘을 실어주며 내조를 해준 아내 김진옥과 귀염둥이 영건, 영완과 함께 이 기쁨을 함께 하고자 합니다.