

해상가두리에서 참전복 (*Haliotis discus hannai*)의 사육밀도에 따른 성장과 생존율

윤호섭 · 라성주 · 차용백¹ · 조주현¹ · 김기영¹ · 최상덕*
여수대학교 수산생명과학부, ¹여수지방해양수산청 수산관리과

Growth and Survival Rate on Density of *Haliotis discus hannai* in Cage Culture

Ho Seop YOON, Sung Ju RHA, Yong Back CHA¹, Ju Hyun CHO¹,
Ki Young KIM¹ and Sang Duk CHOI*

Division of Aqua life Science, Yeosu National University, Yeosu 550-749, Korea
¹Yeosu Fisheries Technology Institute, Yeosu Regional Maritime Affairs and Fisheries Office,
Yeosu 550-170, Korea

Effect of growth and survival rate on different densities in the cage culture of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) were determined in Myoduri Yeosu, Jeollanamdo from April 2000 to April 2001. The shell length growth was conducted using 32.35±1.35 mm abalone juveniles for 374 days at densities 15% (230 indv./m²), 30% (460 indv./m²), 45% (690 indv./m²), 60% (920 indv./m²). The result showed that the highest growth rate was observed in lowest (15%) density experimental group. Survival rate of juvenile abalone was the highest in 15% density group and lowest in 45% density group and distribution rate of shell length showed the highest as 30% in 230 indv./m² (15%) group.

Key words: *Haliotis discus hannai*, Growth, Survival rate, Cage culture

서 론

전복류는 세계적으로 약 100여종이 알려져 있으며, 그 분포 또한 아주 넓어 북반구에서 남반구에 걸쳐 서식하고 있다. 이중 우리나라 연안에 분포하는 전복류는 겨울철 12℃ 등온선을 경계로 제주도 근해에서 생산되는 말전복 (*Haliotis gigantea*), 시볼트전복 (*H. sieboldi*), 까막전복 (*H. discus*), 오분자기 (*H. diversicolor superfexta*) 등과 한류계인 참전복 (*H. discus hannai*)이 있다 (Rho, 1988; Yoo, 1991).

전복의 양식 생산단가를 절감시키면서 효율적인 양식을 위해서는 사료 외에 사육환경을 최적으로 유지하는 것이 매우 중요한 요인이다. 즉, 한정된 공간에 양식 대상종의 성장을 정상으로 유지하면서 사육밀도를 최대로 하는 것은 단위 면적당 생산량이 높아지므로 경영면에서 매우 중요하다. Jee et al. (1988)의 채룡수하식 양성에 의한 참전복 치패의 수용밀도와 성장, Jeong et al. (1994)의 참전복 치패의 성장에 미치는 수조형태 및 사육밀도, Kim et al. (1998)의 실험 배합사료 및 미역 공급시 참전복 치패의 적정 사육밀도와 성장 등에 대한 많은 연구가 있으나, 전복의 오랜 성장기간에 비취볼 때 일련의 연구들이 전복 치패 사육 초기 짧은기간에 걸쳐 이루어진 단편적인 연구만 있을 뿐 전복의 성장에 영향을 미치는 양식어장의 환경변화와 더불어 1년 이상 장기간에 걸쳐 조사한 연구는 드문 실정이다. 또한 해상가두리를 이용

한 전복양식은 초기 단계로서 양식의 산업화에 대한 연구는 적으며 해상가두리에서 전복의 성장과 생존 등에 대한 검토가 요구되어진다. 본 연구는 해상가두리에서 사육한 전복의 사육밀도에 따른 성장과 생존율, 각장 10 mm 내외 어린전복의 중간육성 가능성을 실험하였다.

재료 및 방법

양식어장 환경조사

양식어장의 환경조사를 위하여 2000년 4월부터 2001년 4월 까지 전남 여수시 남면 화태리 묘두지선 (34°49'N, 127°40'E)에서 수온과 비중은 봉상수온계와 부평비중계 (B형)를 사용하여 매일 현장에서 측정하였으며, pH, DO, COD, NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N, DIN, PO₄-P 등 8개 항목은 2개월 간격으로 중층채수기를 사용하여 표층과 저층으로 구분 채수하며 실험실로 운반 후 분석하였다 (MOMAF, 1998). 또한, van Veen grab을 이용하여 채기한 후 함수율, 강열감량, 저질 COD, 황화물을 상법에 따라 분석하였다.

사육시설

전복의 사육에 사용된 시설은 기존 어류양식용으로 사용되고 있는 내경 L600×B600 cm 크기의 목재 어류용 해상가두리를 이용하였다. 전복사육 가두리망은 나일론 무결절 망지 (14 절, 70합)를 사용하여 L230×B130×H200 cm 크기의 직사각형 형태로 제작하였으며, 전복 shelter 사이에는 부니가 쌓이는

*Corresponding author: choisd@yosu.ac.kr

것을 방지하기 위하여 10-15 cm 간격으로 설치하였고 사육시설은 가두리가 수면위 0.4 m, 수면아래 1.6 m가 되도록 시설하였다.

실험전복 및 사육관리

실험에 이용된 전복 (*H. discus hannai*)은 여수시 소재 민간 배양장에서 1999년 봄에 인공종묘생산된 평균각장 32.25 ±1.35 mm의 전복치패 3,600개체를 2000년 4월 입식하여 사용하였다. 입식 후 12개월 동안은 선별과정 없이 사육하였으며, 전복치패의 사육먹이로는 생다시마 (2-7월), 건다시마 (8-11월)와 미역 (12-1월)을 급이하였고, 고수온기인 8-10월에는 섭이상태에 따라 조절하여 공급하였다. 또한 가두리 그물, 전복 shelter와 고정틀은 봄, 가을에 교체하고 전복패각에 굴, 따개비, 진주담치의 부착이 많은 경우에는 수시로 구제작업을 하였다.

해상가두리 전복치패의 사육밀도별 성장과 생존율

실험기간은 2000년 4월부터 2001년 4월까지로 실험시작시 밀도별 실험구의 사육면적은 사육수조와 전복 shelter의 단면적을 동일하게 하였다. 실험구의 사육밀도는 Jee et al. (1988)과 Han (1998)의 결과를 토대로 전복 점유면적을 전복 shelter 단면적 대비 15% (230개체), 30% (460개체), 45% (690개체), 60% (920개체)로 조절한 A, B, C, D 개의 실험군으로 설정하였으며, 모든 실험은 2반복으로 실시하였다.

$$\text{사육밀도 (\%)} = \frac{\text{전복 점유면적 (cm}^2\text{)}}{\text{전복 shelter 단면적(cm}^2\text{)}}$$

$$\text{전복 점유면적} = \text{각장} \times (\text{각장} \times 0.7) \times \text{수용개체수}$$

각각의 밀도별 성장과 생존율은 격월 간격으로 손으로 박리한 40개체를 무작위로 선택하여 각장, 각고, 전중량을 측정하여 성장율을 구하였으며, 폐사 개체를 확인하여 누적 폐사

개체수를 환산하여 생존율을 구하였다. 시험구별 각장 분포는 실험 종료시 전수 조사하여 각 단계별 개체 수량을 환산하였다. 전복 크기는 전자식 Vernier calipers (0.01 mm)로 측정하였고 무게는 이동식 전자저울 (0.01 g)로 현장에서 측정하였다.

통계처리

통계처리는 SPSS for Window program (SPSS Inc., 1997)으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

양식어장 환경조사

실험기간 중 월평균 수온과 비중의 변화는 Fig. 1과 같다. 수온은 8.8-25.1℃의 범위로 1월 하순경에 가장 낮았고 8월 중·하순경에 가장 높게 나타났으며, 비중은 1.0227-1.0258의 범위로 1-3월에 높고 7-9월에 낮은 경향을 나타내어 실험기간 동안 전복서식 범위내를 나타내었다. 시험어장은 가막만 하단에 위치하여 외양수의 영향을 다소 받는 곳으로 상단에 비하여 겨울에는 수온이 높고, 여름에는 낮아 전복의 성장과 양식에 적합하였다.

실험어장의 수질환경은 Table 1과 같다. pH는 실험기간 동안 표층과 저층이 7.78-7.98 내외였으며 실험기간 중 2000년 10월에 표층과 저층이 pH 7.75, pH 7.78로 가장 낮았고, 2000년 4월에 표층과 저층이 각각 pH 7.98, pH 7.94로 가장 높게 나타났다. DO의 경우 실험기간 중 2000년 10월 표층과 저층이 각각 6.50 mg/L, 4.06 mg/L로 가장 낮았으며 2001년 2월과 4월에는 각각 9.74 mg/L, 9.74 mg/L로 가장 높았다. COD는 2000년 4월에 표층과 저층이 각각 1.97 mg/L, 1.68 mg/L로 가장 높은 반면 2001년 4월에는 표층과 저층이 0.24 mg/L, 0.69 mg/L로 다른 경향을 나타내었다. 총질소와 총인의 농도는

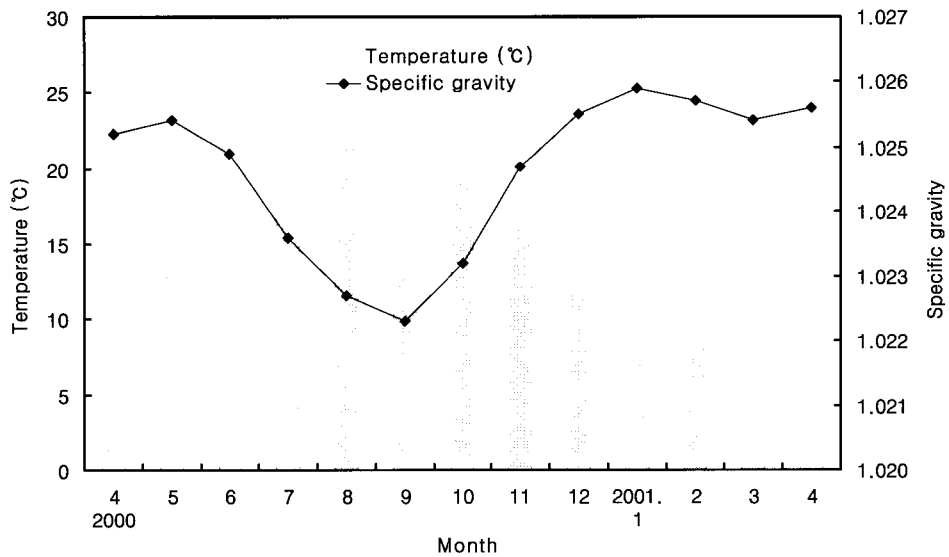


Fig. 1. Monthly variations of water temperature and specific gravity during the experimental period.

Table 1. Changes of water quality in the cage culture

Month		pH	DO (mg/L)	COD (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	DIN (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)		
2000	4	Surface	7.98	8.94	1.97	0.001	0.018	0.003	0.022	0.009	
		Bottom	7.94	9.34	1.68	0.003	0.009	0.006	0.018	0.031	
	6	Surface	7.90	7.31	0.29	0.004	0.033	0.019	0.056	0.008	
		Bottom	7.88	7.25	0.51	0.004	0.042	0.014	0.060	0.011	
	8	Surface	7.76	7.31	1.31	0.004	0.015	0.067	0.086	0.015	
		Bottom	7.82	7.31	0.61	0.015	0.051	0.078	0.144	0.031	
	10	Surface	7.75	6.50	0.70	0.011	0.05	0.073	0.134	0.005	
		Bottom	7.78	4.06	0.48	0.006	0.028	0.105	0.139	0.005	
	12	Surface	7.85	8.13	0.66	0.015	0.077	0.028	0.120	0.061	
		Bottom	7.89	8.13	0.70	0.01	0.102	0.069	0.181	0.073	
	2001	2	Surface	7.90	9.74	0.40	0.009	0.086	0.031	0.126	0.031
			Bottom	7.93	9.74	0.70	0.011	0.067	0.028	0.106	0.045
4		Surface	7.76	9.74	0.24	0.002	0.017	0.299	0.318	0.043	
		Bottom	7.78	9.74	0.69	0.002	0.02	0.406	0.428	0.021	

일반해역에 비하여 높게 나타났으며, 염분, 용존산소 및 pH는 특정 시기를 제외하고는 일반 해수의 범위를 벗어나지 않았다.

또한, 실험어장의 저질은 Table 2와 같이 함수율은 46.33-60.73%로서 2월경에 높고, 10월경에 가장 낮은 경향을 나타내었다. 강열감량은 0.96-11.19% 범위로 하절기 고수온기에 비교적 높아지는 특징을 보였다.

저질 COD는 7.15-19.99 mg/g 범위로 미생물에 의한 분해가 어려운 동절기에 높고, 하절기에 낮은 경향을 보였다. 황화물은 0.023-0.318 mg/g의 범위로 하절기와 동절기에 다같이 높게 나타났다. 하절기에는 저면에 사료찌꺼기의 침적으로 인한 유화수소의 발생도 관찰되었다.

Table 2. Analysis of bottom sediment composition in the cage culture area

Year	Month	Moisture Content (%)	Ignition loss (%)	COD (mg/g)	Sulfides (mg/g)
2000	4	56.43	8.44	12.53	0.134
	6	52.83	10.13	13.53	0.230
	8	53.84	11.19	17.60	0.305
	10	46.33	4.98	9.27	0.082
	12	58.18	5.77	19.99	0.146
2001	2	60.73	3.57	16.57	0.136
	4	57.03	5.89	12.80	0.023

해상가두리 사육밀도에 따른 성장과 생존율

각장 성장

2000년 4월부터 2001년 4월까지 12개월동안 해상가두리에서 사육한 각 실험구별 참전복 치패의 각장 성장 결과는 Table 3과 같다.

전복치패의 각장 크기의 변화를 살펴보면, 실험시작시 각 실험구의 평균 각장은 32.21-32.49 mm로 처리 평균간에 차이는 없었다 ($P>0.05$). 사육 60일째인 6월 6일경에 A, B, C 실험구 간에는 37.68-38.14 mm 범위로 성장하였으나 실험구별 유의적인 차이를 보이지는 않았다 ($P>0.05$). 그러나 사육밀도가 가장 높은 D 실험구는 36.74 mm로 가장 적게 성장하여 다른 실험구와 유의한 차이를 나타내었다 ($P<0.05$). 사육 123일째인 8월 8일경에는 모든 실험구간에 성장의 차이를 나타내어 사육 밀도별로 성장에 차이를 보이기 시작하였다. 이후 사육 313일째인 다음해 2월 14일경에는 B 실험구와 C 실험구에서는 유의한 성장 차이가 없는 것으로 나타났다 ($P>0.05$). 실험종료시인 374일째 2001년 4월 17일경에 사육한 결과를 살펴보면 실험시작시에 A 실험구의 평균 각장은 32.45 mm, B 실험구는 32.49 mm, C 실험구는 32.37 mm, D 실험구는 32.21 mm에서 각각 56.37 mm, 51.64 mm, 49.31 mm, 46.82 mm로 성장하였으며 각 실험구간에 따라 성장 차이를 보임으로서 사육밀도가 낮을 수록 성장이 빠르게 나타났다 ($P<0.05$).

또한, 사육기간 중 시기별 일간 각장성장은 4-5월 중인 60일째에 A 실험구에서 88.92 μm , B 실험구 94.25 μm , C 실험구 88.42 μm , D 실험구가 75.50 μm 성장을 보여 밀도가 가장 높은 D 실험구가 가장 낮은 성장을 나타내었다. 이후, 6-7월 (61일째부터 123일째간)에는 A 실험구가 157.83 μm , B 실험구 107.58 μm , C 실험구 108.0 μm , D 실험구가 87.75 μm 로 일간 각장성장을 보여 실험기간 중에서 가장 높은 일간 각장성장을 보였다. 고수온기인 7월부터 9월까지 사육기간 중에서 가장 낮은 일간성장을 보였으며, 수온하강기인 11월경까지도 비슷한 일간성장 경향을 보였다. 실험종료시인 374일째에 각 실험구별 전 사육기간 중 일간 각장성장은 A 실험구가 63.97 μm , B 실험구가 51.22 μm , C 실험구가 45.29 μm , 그리고 D 실험구가

Table 3. Variations of shell length (mm) for juvenile abalones reared with different density in the cage culture¹

Group	Month						
	2000. 4 (0 days)	6 (60 days)	8 (123 days)	10 (181 days)	12 (252 days)	2001. 2 (313 days)	4 (374 days)
A (230 indv./m ²)	32.45 ^a	37.78 ^b	47.25 ^d	47.74 ^d	48.65 ^d	53.89 ^c	56.37 ^d
B (460 indv./m ²)	32.49 ^a	38.14 ^b	44.60 ^c	45.40 ^c	46.21 ^c	48.82 ^b	51.64 ^c
C (690 indv./m ²)	32.37 ^a	37.68 ^b	44.16 ^b	44.31 ^b	44.62 ^b	48.06 ^b	49.31 ^b
D (920 indv./m ²)	32.21 ^a	36.74 ^a	42.01 ^a	42.32 ^a	42.39 ^a	45.47 ^a	46.82 ^a

¹Values (mean±S.D. of two replications) with a different superscript within the same row are significantly different (P<0.05).

Table 4. Variations of weight (g) for juvenile abalone reared with different density in the cage culture¹

Group	Month						
	2000. 4 (0 days)	6 (60 days)	8 (123 days)	10 (181 days)	12 (252 days)	2001. 2 (313 days)	4 (374 days)
A (230 indv./m ²)	4.99 ^a	7.39 ^b	12.49 ^d	10.91 ^d	15.16 ^c	21.62 ^c	25.52 ^d
B (460 indv./m ²)	4.91 ^a	7.53 ^b	10.55 ^c	9.72 ^c	12.80 ^b	16.50 ^b	20.20 ^c
C (690 indv./m ²)	4.89 ^a	7.56 ^b	9.89 ^b	8.74 ^b	11.60 ^{ab}	15.64 ^{ab}	17.35 ^b
D (920 indv./m ²)	4.59 ^a	6.80 ^a	8.49 ^a	7.79 ^a	10.68 ^a	13.34 ^a	14.98 ^a

¹Values (mean±S.D. of two replications) with a different superscript within the same row are significantly different (P<0.05).

39.06 μm 성장을 보였다. 즉, 각 실험구별 각장의 성장은 A 실험구가 가장 빠른 결과를 나타내었다.

중량 성장

중량의 성장은 Table 4에서 보는 바와 같이 사육 후 60일째인 2000년 6월에 각 실험구별 7.39-7.56 g으로 유의한 차이는 없었으나 (P>0.05), D 실험구는 다른 실험구와 달리 6.80 g으로 가장 낮은 성장을 보였다 (P<0.05).

123일째인 2000년 8월 조사시 모든 실험구간에서 중량의 차이가 나타나기 시작하여 (P<0.05), 313일째인 2001년 2월에는 A 실험구 21.62 g, B 실험구 16.50 g, C 실험구 15.64 g, D 실험구 13.34 g으로 각 실험구간별로 평균중량 차이를 나타내었다 (P<0.05). 이후 실험종료시인 2001년 4월에는 A 실험구 25.52 g, B 실험구 20.20 g, C 실험구 17.35 g, D 실험구 14.98 g로 사육밀도가 낮을수록 중량의 성장이 빠른 경향을 뚜렷하게 나타내었다 (P<0.05).

일간 중량증가는 2000년 4-5월에 각 실험구의 일간 증중량이 36.83-44.58 mg 범위로 큰 차이를 보이지 않았으나, 2000년 8월에는 A 실험구에서 85.08 mg, B 실험구에서 50.33 mg, C 실험구에서 38.75 mg, D 실험구에서 28.08 mg 성장을 보임으로서, 사육밀도가 낮은 실험구에서 빠른 성장을 나타내었다.

반면, 고수온기인 2000년 8-9월에는 각 실험구의 일간성장이 -12.07 - -27.24 mg으로 중량의 감소를 보였다. 2000년 12월 조사시 일간중량성장은 A 실험구에서 105.90 mg, B 실험구에서 60.74 mg, C 실험구에서 66.15 mg, D 실험구에서 43.69 mg을 보여 전 사육기간 중에서 가장 높은 일간 성장을 나타내었으며, 각장의 일간 성장이 2000년 8월에 가장 좋았던 것과는 달리 연중 주 성장 시기에 있어서 다소 차이를 보였다.

실험종료시인 2001년 4월에 각 실험구별 전 사육기간 중 중량 일간성장은 A 실험구에서 54.89 mg, B 실험구에서 40.87 mg, C 실험구에서 33.33 mg, 그리고 D 실험구에서 27.78 mg 성장을 보여 사육 밀도가 낮을수록 빠른 성장을 나타내었다.

생존율

실험기간 동안 사육밀도에 따른 참전복 치패의 생존율에 대한 조사 결과는 Fig. 2와 같다.

사육 후 2000년 4월에서 7월까지의 모든 실험구에 있어 생존율이 평균 99.2-99.6% 범위를 보였으나 2000년 8월 이후 9월 사이에 C 실험구에서 폐사가 발생하여 폐사율이 10.7%로 높았으며, 나머지 실험구는 생존율이 96.5-97.5%로서 평균 2.0%의 폐사를 나타내었다. 수온 하강기인 2000년 10월에서 11월에도 전 실험구간에서 평균 2.2%의 폐사가 있었으며,

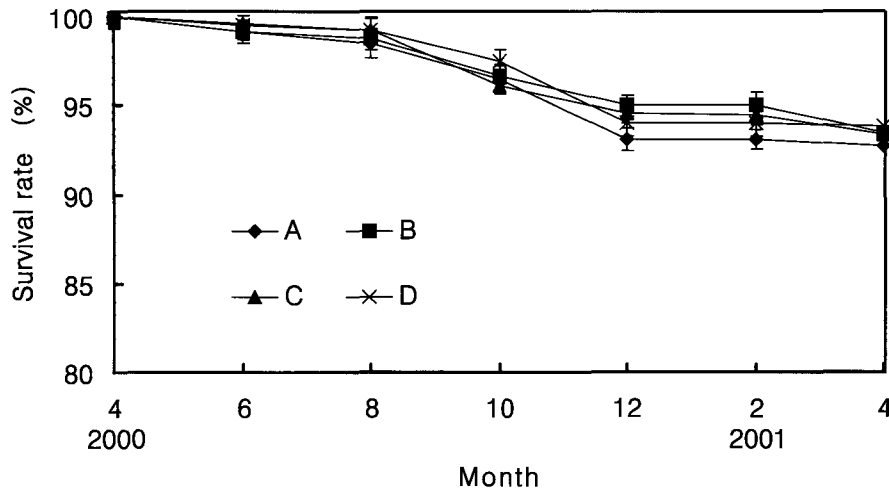


Fig. 2. Survival rates of juvenile abalones on different densities in the cage culture. A, 230 indv./m²; B, 460 indv./m²; C, 690 indv./m²; D, 920 indv./m².

2000년 12월에서 2001년 4월까지의 낮은 폐사를 보였다. 실험종료시 각 실험구의 생존율은 A 실험구에서 93.7%, B 실험구에서 93.5%, C 실험구에서 93.4%, 그리고 D 실험구에서 93.5%를 보여 평균 93.5%로 비교적 높게 나타나, 사육밀도에 따른 생존율은 뚜렷한 차이를 보이지는 않았다.

이상의 결과 해상가두리 사육에 있어 연중 주 폐사시기는 수온 상승기인 8월경부터 수온 하강기인 11월까지로 나타났다.

각장 성장 분포

전복의 각장 크기는 전복의 상품가치에 차이를 나타내는 중요한 요소 중의 하나이다. 따라서 사육밀도에 의해 상품가치에 이르는 개체의 분포비율이 어느 정도에 이를 것인가를 파악하는 것은 양식에 있어 매우 중요하다. 따라서 해상 가두리식 사육에 있어 사육밀도에 따른 참전복 치패의 각장 성장 분포율을 조사한 결과 Fig. 3과 같이 나타내었다.

A 실험구의 각장분포를 그룹별로 보면 각장 50-60 mm가 24.9%로 가장 높게 분포하고 있었고, 40-50 mm가 49.1%, 30-40 mm가 22.3% 그리고 20-30 mm가 3.7%의 분포를 보였다. B 실험구에서는 각장 50-60 mm가 3.2%, 40-50 mm가 53.2%로 가장 많이 분포하였고, 30-40 mm 그룹이 37.4%, 20-30 mm 그룹이 6.2%의 분포를 나타내었다. C 실험구의 각장 크기별 분포율은 각장 50-60 mm가 0.8%로 가장 낮았고, 40-50 mm가 44.1%, 30-40 mm가 48.7%로 가장 많게 분포하였으며, 20-30 mm는 6.4%를 보였다. 사육밀도가 가장 높은 D 실험구에서는 각장 50-60 mm가 전혀 나타나지 않았으며, 40-50 mm가 17.6%, 30-40 mm는 70.0%로 가장 많았고, 20-30 mm가 12.4%의 분포율을 나타내었다.

각 실험구에 나타난 결과를 볼 때 성장이 우수한 각장 50-60 mm는 A 실험구로서 24.9%로 가장 많이 분포하였다. 성장 중간인 각장 40-50 mm는 B 실험구에서 53.2%로 가장 많이

분포하였으며, 각장 30-40 mm는 C 실험구에서 70.0%로 가장 많이 분포하였다. 성장이 저조한 20-30 mm 그룹 또한 D 실험구가 12.4%로 가장 높게 나타났다. 따라서 각장분포 유형에 있어서 사육밀도가 낮을수록 성장이 빠른 전복의 비율이 높게 나타났다.

고 찰

본 실험어장은 어류양식 초창기인 1980년대 초에 개발된 어장으로서 저질의 오염정도가 현저하였으며, 수질 역시 사료 유출물과 배설에 의하여 총질소와 총인이 일반해역에 비해 높게 나타나 어장환경 조건은 전반적으로 양호하지 못하였다. 특히, 수온상승 및 수온하강 시기에 건다시마 먹이 잔량과 함께 침적된 펄의 COD가 30 mg/g 이상을 보인 사육망내에서 대량 폐사를 보였다. 환경조건 중에서도 수온은 해산무척추동물 중 복족류의 성장에 직접적으로 관련된 중요한 요소이며, 대상 생물에 따라 적정 성장에 요구되는 수온범위가 다양하다. 따라서 인위적으로 수온 조절이 가능한 육상수조식 양식 방법 보다는 해상가두리에서 사육시 더욱 세밀한 주의가 요구되어지며, 적정량의 급이관리와 사육망내 침적되는 펄물을 주기적으로 청소하여 최적 환경을 유지하여 주어야 할 것으로 사료된다.

저질에 있어 황화물은 0.023-0.318 mg/g 범위를 보여 기준치인 0.2 mg/g을 초과하는 시기가 많은 경향을 나타내었다. 수질에 있어서 총질소는 0.018-0.428 mg/L, 총인은 0.005-0.073 mg/L 범위를 보여 합수양식장 적지조사기준에 의하면 전복의 경우 총질소 0.05-0.10 mg/L, 총인 0.007-0.030 mg/L로서 총질소는 II등급, 총인은 II-III등급 수준이나 대부분 이 기준치를 상회하는 것으로 나타났다. 따라서 본 실험어장의 환경은 일반 해역에 비하여 좋지 않았으나 이러한 어장환경 조건이 전복의 사육에 있어 생존율과 성장에 뚜렷한 연관성이 있는지

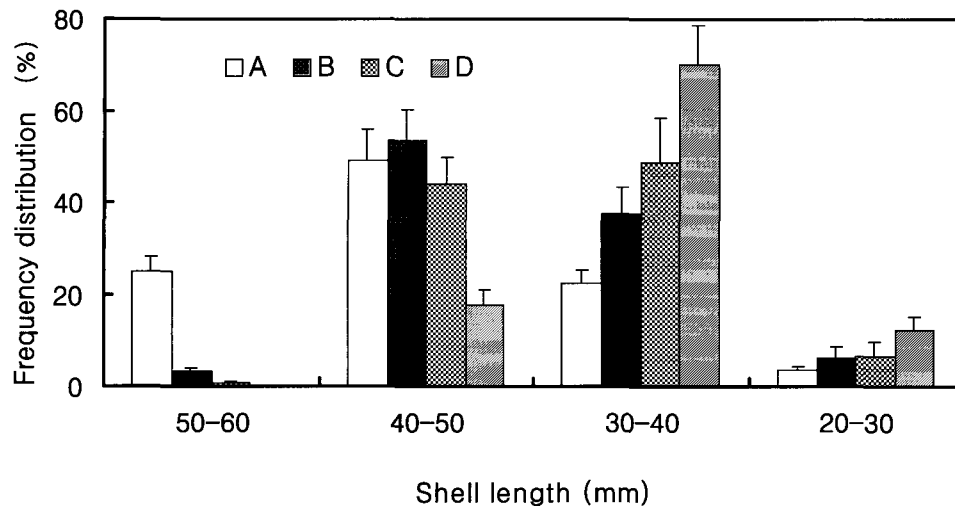


Fig. 3. Frequency distributions of shell length of juvenile abalones on different densities in the cage culture. A, 230 indv./m²; B, 460 indv./m²; C, 690 indv./m²; D, 920 indv./m².

에 대한 여부는 본 연구 결과만으로는 알 수 없었다.

사육기간 중 실험어장의 수온은 8.8-25.1℃의 범위로 1월 하순경에 가장 낮았고 8월 중·하순경에 가장 높게 나타났다. 보통 7℃ 이하에서는 전복이 먹이를 거의 먹지 않으며 활동도 둔하게 된다고 보고하였다 (Sakai, 1962). 또한 수온에 따라 일간섭식률이 차이를 보여 성장에 영향을 주게 되는데, 참전복의 경우 성장 적수온은 20℃ 전후로 보고하였다 (Sakai, 1962). 본 연구결과에서도 18-22℃를 보인 시기를 살펴보면 6월 초에서 7월 하순경으로 일간 가장성장이 높았고, 10월에서 11월에는 일간 중량성장이 높은 경향을 보여 상기의 연구결과와 일치하였다. 또한, 전복의 생리적 허용온도인 22.5℃를 상회하는 시기는 2000년은 8월 상순에서 9월 중순이었으며, 성장을 멈추는 25℃ 고수온기는 실험기간 동안 나타나지 않았다. 일반적으로 이 시기에는 전복 먹이인 건다시마의 녹음현상과 부착생물의 생체량이 증가하는 시기로서 사육환경이 급격하게 악화되어 단시일내 대량 폐사가 발생할 우려가 있어 세심한 사육관리가 요구되는 시기이다.

비중은 1.0227-1.0258의 범위로 1-3월에 높고 7-9월에 낮은 경향을 나타내었으며, 사육 기간동안 전복서식 범위내를 보였다. 동 어장은 가막만 하단에 위치하여 외양수의 영향을 다소 받는 곳으로 겨울에는 가막만 상부보다 수온이 높고, 여름에는 낮아 전복의 성장가능 기간이 길어 비교적 전복 양식에 적합한 것으로 나타났다.

사육밀도에 따른 성장을 살펴보면, 사육 60일째에 A, B, C 실험구에는 37.68-38.14 mm 범위로 성장하였으나 유의적인 차이를 보이지는 않았다 ($P>0.05$). 그러나 사육밀도가 가장 높은 D 실험구는 36.74 mm로 가장 적게 성장하여 다른 시험구와 유의한 차이를 나타내어 ($P<0.05$) 높은 사육밀도에 의해 성장에 영향을 받은 것으로 생각된다. 사육 123일째에는 모든 실험구간에 성장의 차이를 나타내어 사육밀도별로 성장에

차이를 보이기 시작하였다 ($P<0.05$). 이후 사육 313일째에는 B 실험구와 C 실험구에는 유의한 성장차이가 없는 것으로 나타났으며 ($P>0.05$), C 실험구에서 2000년 8-9월에 폐사율이 증가하였는데 이는 일시적으로 사육밀도에 영향을 받은 것으로 사료된다. 실험종료시인 374일째 (2001년 4월 17일경)의 평균각장은 실험시작시에 A 실험구 32.45 mm, B 실험구 32.49 mm, C 실험구 32.37 mm, D 실험구 32.21 mm였던 것이 각각 56.37 mm, 51.64 mm, 49.31 mm, 46.82 mm로 성장하였으며, 각 실험구간에 따라 성장 차이를 보임으로서 사육밀도가 낮을 수록 성장이 빠름을 알 수 있었다. 전복의 수용밀도는 전복의 성장률과는 밀접한 관계가 있음이 밝혀졌는데, 이와 관련된 연구로서 전복의 사육밀도와 성장에 관하여 Shepherd (1986)와 Douros (1987)는 전복은 높은 사육밀도에서 때때로 큰 군집을 형성하여 발생하는 부착공간의 부족으로 겹으로 쌓이는 경향이 있으나 겹으로 쌓이는 것은 먹이섭식을 위해 움직일 때 제한요인이 되어 성장률을 저하 시킨다고 하였다. 또한 전복의 해상가두리와 육상수조식 양식방법에 있어 개체의 수용밀도가 증가할수록 성장률은 감소한다고 보고하였다 (Koike et al., 1979; Chen, 1984; Mgaya and Mercer, 1995; Marsden and Williams, 1996). 상기의 연구결과와 해상가두리에서 사육한 본 연구결과를 동일한 선상에서 비교하는 것은 다소 무리가 있으나 본 연구에서도 역시 사육밀도가 증가함에 따라 성장률이 감소하는 것으로 사료된다. 또한, 각 실험구별 일간성장율은 6-7월 중 (61일째부터 123일째간)에 A 실험구는 157.83 μ m, B 실험구 107.58 μ m, C 실험구 108.0 μ m, D 실험구가 87.75 μ m로 일간 가장성장을 보여 실험기간 중에서 가장 높은 일간 가장성장을 보였다. 이 시기에 수온이 18-22℃ 범위로서 참전복의 성장 적수온을 20℃ 전후로 보고한 Sakai (1962)의 결과와 일치하였다.

고수온기인 7월부터 9월까지의 전 사육기간 중에서 가장

낮은 일간성장을 보였으며, 수온하강기인 11월경까지도 비슷한 일간 성장 경향을 보였다. 이는 건다시마로 먹이 전환에 따른 섭이력 부진 및 먹이녹음에 의한 폐사 발생방지를 위한 절식과 부착생물량의 증가 등으로 인한 서식환경 악화로 생각된다.

이상과 같이 A, B, C, D 실험구에서 밀도별 사육한 결과 모든 실험구간에는 유의적인 성장 차이를 나타내어 A 실험구가 가장 성장이 가장 빠른 결과를 보였으며, 사육밀도별 각장 성장은 사육밀도가 낮을수록 빠른 경향을 보여 Jee et al. (1988)의 연구 결과와 일치하였다. 반면, 고수온기인 2000년 8-9월중에는 각 실험구의 일간성장이 -12.07에서 -27.24 mg의 범위로 중량의 감소를 보였다. 이는 건다시마 굵이와 고수온기 먹이 녹음에 의한 폐사방지를 위해 전복에 대한 먹이절식 관리 등에 원인이 있는 것으로 생각된다. 이러한 현상은 이후 수온하강기에 접어들면서 빠른 성장 회복세를 보였다.

사육 후 2000년 4월에서 7월까지의 모든 실험구에 있어 생존율이 평균 99.2-99.6%를 보였으나 2000년 8월 이후 9월 사이에 모든 실험구에서 생존율이 96.5-97.5%로서 평균 2.0%의 폐사를 나타내었다. 2000년 8월과 9월 사이의 폐사원인은 고수온기에 건다시마 굵이 후 섭이부진 등에 의해 잔여 먹이가 한쪽으로 몰린 상태에서 펄이 침착되어 부패로 인한 환경악화로 판단되어진다. 실험기간 중 주 폐사시기는 수온상승기인 8월경부터 수온하강기인 11월중으로 나타났다. 주 폐사원인은 고수온기 섭이부진에 따른 활력저하, 전복 shelter 내부에 다량의 펄 침착과 먹이부패 등에 의해 환경악화로 인한 생리활성 저하 및 조사를 위하여 바리시 상처 발생 등으로 생각되었으며, 사육기간 중 특히 고수온기에 먹이잔량과 침적된 펄을 주기적으로 제거하여 줌으로써 대량 폐사를 방지하여 생존율을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

사육밀도별 각장의 성장 분포를 살펴보면, 성장이 가장 우수한 각장 50-60 mm은 A 실험구로서 24.9%로 많이 분포하였으며, 성장 중간인 각장 40-50 mm는 B 실험구로서 53.2%로, 각장 30-40 mm는 C 실험구로서 70.0%, 각장 20-30 mm는 D 실험구로서 12.4%를 나타내었다. 각장분포 유형 또한 사육밀도가 낮을수록 성장이 빠른 전복의 비율이 높음을 알수 있었다. 한편, 고밀도에서 전복의 성장에 영향을 미치는 주요한 요인 중의 하나는 먹이 경쟁이라고 언급된 바 있다 (Mgaya and Mercer, 1995; Son et al., 2003). 본 연구에서는 일간 먹이 섭식율에 대한 조사는 이루어지지 않았으나, 제반사항을 고려해 볼 때 사육밀도가 증가함에 따라 먹이 경쟁으로 인해 전복의 성장에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 또한 폐류의 성장과 사육과의 관계에 있어서 사육밀도가 증가함에 따라 성장률은 감소한다고 보고하였는데 (Parsons and Dadswell, 1992; Holliday et al., 1993; Son et al., 2003), 본 실험에서도 역시 고밀도 실험구인 D 실험구 (920개체)에서 특히 전복의 성장과 생존율 및 각장의 크기 분포에 영향을 받고 있다는 것을 알 수 있었다.

본 실험결과, 전복의 해상가두리 양식에 있어 사육밀도에 따른 가장 양호한 성장과 생존률은 사육밀도가 낮을수록 성장과 생존률 및 성장 분포는 높음을 알 수 있었다. 최근 전복의 해상가두리 양식이 서남해안을 중심으로 점차 증가추세에 있으나, 어민들의 무계획적인 양식방법 답습과 지역 해황의 차이, 미비한 기초자료 등으로 인하여 많은 어려움에 봉착해 있는 실정이다. 따라서 경쟁력 있는 전복의 해상가두리 양식 산업의 확대를 위하여 해상가두리에서의 적정 일간 먹이공급률과 경제적인 측면을 고려한 적정 수용밀도 등에 대한 기초연구가 지속적으로 필요하다.

참 고 문 헌

Chen, H.C. 1984. Recent innovations in cultivation of edible molluscs in Taiwan, with special reference to the small abalone *Haliotis diversicolor* and the hard clam *Meretrix lusoria*. *Aquaculture*, 39, 11-27.

Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F test. *Biometrics*, 11, 1-42.

Douros, W.J. 1987. Stocking behavior of an intertidal abalone: an adaptive response or a consequence of space limitation. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 108, 1-14.

Han, S.J. 1998. Abalone culture. Kuduk Press, Busan, Korea, pp. 261. (in Korean)

Holliday, J.E., G.L. Allan, and J.A. Nell, 1993. Effects of stocking density for nursery culture of Sydney rock oysters (*Saccostrea commercialis*). *Aquaculture*, 96, 7-16.

Jee, Y.J., S.K. Yoo, S. Rho and S.H. Kim. 1988. The stocking density and growth of young abalone *Haliotis discus hannai* Ino cultured in the hanging net cage. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Agency*, 42, 59-69. (in Korean)

Jeong, S.C., Y.T. Jee and P.W. Son. 1994. Indoor tank culture of the abalone *Haliotis discus hannai* II. Effects of diets on growth of young abalone. *J. Aquaculture*, 7, 77-87. (in Korean)

Kim, B.H., S.M. Lee, C.S. Go, J.W. Kim and J.I. Myeong. 1998. Optimum stocking density of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) fed formulated diet of macroalgae (*Undaria*). *J. Kor. Fish. Soc.*, 31(6), 869-874. (in Korean)

Koike, Y., J.P. Flassch and J. Mazurier. 1979. Biological and ecological studies on the propagation of the ormer, *Haliotis tuberculata* Linnaeus: II. Influence of food and density on the growth of juveniles. *La Mer*, 17, 43-52.

Marsden, I.D. and P.M.J. Williams. 1996. Factors affecting the grazing rate of the New Zealand abalone *Haliotis*

- iris* Martyn. J. Shellfish Res. 15, 401-406.
- Mgaya, Y.D. and J.P. Mercer. 1995. The effects of size grading and stocking density on growth performance of juvenile abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus. Aquaculture, 136, 297-312.
- MOMAF (Ministry of Marine Affairs and Fisheries). 1998. Standard Methods of Marine Environment. MOMAF, Seoul, Korea, pp. 58. (in Korean)
- Parson, G.C. and M.J. Dadswell. 1992. Effect of stocking density on growth, production and survival of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, held in intermediate suspension culture in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. Aquaculture, 103, 291-309.
- Rho, S. 1988. Studies on the seed production of the abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. Ph.D. Thesis, Natl. Fish. Univ. Busan, pp. 139. (in Korean)
- Shepherd, S.A. 1986. Studies on southern Australian abalone (Genus *Haliotis*). VII. Aggregative behaviour of *H. laevigata* in relation to spawning. Mar. Biol., 90, 231-236.
- Sakai, S. 1962. Ecological studies on the abalone, *Haliotis discus hannai* Ino - I. Experimental studies on the food habit. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 28, 766-779. (in Japanese)
- Son, M.H., K.C. Cho, K.K. Kim and I.K. Jeon. 2003. Optimum stocking density of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* in recirculating culture system. J. Aquaculture, 16(4), 257-261. (in Korean)
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Yoo, J.S. 1991. Korean Shells in Color, Ilji Press, Seoul, Korea, pp. 110. (in Korean)

2004년 4월 30일 접수

2004년 8월 25일 수리