

폐쇄순환여과시스템에서 참전복, *Haliotis discus hannai*, 치패의 사육밀도와 성장

박무억 · 노 섬 · 송춘복
제주대학교 중식학과

Density Effect on the Growth of Juvenile Abalones (*Haliotis discus hannai*) Reared in the Closed Recirculating Water System

Moo-Eog Park · Sum Rho · Choon Bok Song

Department of Aquaculture, Cheju National University, Cheju City 690-756, Korea

Secondary seed culture has known to be very important for the purpose of stock conservation and production improvement by increasing the survival of released seed abalones at the natural inhabit. However, since it is very difficult to find proper places for the facilities of secondary seed culture in Cheju Island where only few sheltered coastal areas can protect floating net cages or nets for hanging culture from strong waves, culture facilities on land can allow us to solve such a problem. Therefore, the indoor tanks with a closed recirculating water system have been used for the secondary abalone seed culture in this experiment. We reared the abalones of *Haliotis discus hannai* at the three different culture densities including 1,000, 2,000, and 3,000 individuals per square meter for 182 days in order to know density effect on the growth of juvenile abalones. As a result, their growth turned out to be better in the first two density groups of abalones than in the third group, and the difference between their growth was statistically significant at a 95 % confidence level. The value of conversion factor was smallest in the lowest density group, and showed 8.7 in the first, 9.6 in the second, and 13.1 in the third density group, whereas survival rates estimated from the three different density groups were 75.3, 70.8, and 68.3, respectively.

Key words : Abalone, *Haliotis discus hannai*, density effect, secondary seed 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*), 시볼트 전복(*H. sieboldi*), 까막전복(*H. discus*) 등과 우리나라 전연안에서 생산되는 참전복(*H. discus hannai*)이 있다(内田와 山本, 1924). 전복은 옛부터 우리 국민의 기호식품으로 취급되어 왔지만 최근에는 국민경제의 발달에 따른 식생활변화와 소비형태의 다양화에 따라 고급 수산물에 대한 수요가 날로 증가하는 반면, 자원남획으로 생산은 오히

려 감소되고 있어 이에 대한 대책이 요구되고 있다.

전복 종묘생산에 관한 연구는 猪野(1952)의 일본산 전복속(*Haliotis*)의 증식에 관한 생물학적 연구 이래 국내외에서 비교적 많은 보고가 있다(猪野, 1966; 菊地, 1963; 關와 管野, 1977; 關, 1978; 卞, 1970; 盧等, 1974; 盧·朴, 1975; 盧와 柳 1984; 盧, 1988; 金·趙, 1976).

최근에는 전복 종묘생산의 기술 향상으로 인공 종묘의 대량생산이 가능하여 전복양식 및 방류량이 더욱 증가하고 있다. 그러나, 1~2cm 정도의 소형치패를 그대로 방류할 경우 방류후 자연 환경에 대한 적응력이나 해적생물에 대한 식해 등으로 인하여 방류효과가 크게 저하하기 때문에 종묘방류장의 환경조성(小竹자와 中久, 1984; 井上, 1969,

재료 및 방법

1976)과 2.5cm 이상의 대형 종묘방류를 위한 중간 육성 기술개발 연구가 진행되고 있다(大森, 1982; 井岡, 1981; 里 等, 1981; 土田 等, 1981; 小河 等, 1977; 小河와 内場, 1978; 池 等, 1988; 浮와 菊地, 1981).

전복치패의 사육에 대한 연구는 해조류의 종류에 따른 먹이효과(酒井, 1962; 菊地 等, 1967; 浮, 1981), 어분이나 부착규조류(浮와 菊地, 1979), 陸上植物(盧와 柳, 1984) 및 배합사료(石田와 石河, 1992) 등에 의한 참전복 치패의 먹이효과와 사육에 대한 단편적인 보고가 있다. 중간육성에 대해서는 池 等(1988)의 수하식 양식채롱에 의한 사육과 浮와 菊地(1981)의 육상수조내에서의 사육에 관한 보고가 있다.

이상의 보고들은 대부분이 개방식 사육시스템에서 치패사육에 적합한 먹이의 종류와 질적인 면에 치중한 사육결과이며 폐쇄순환여과시스템에 의한 보고는 Rosenthal과 Fujino(1985), 坂井(1971)의 연구를 제외하고서는 거의 찾아 볼 수 없다.

제주도와 같이 개방된 바다수면에서 양식 구조물의 설치가 어려운 환경여건하에서는 육상에서 효율적인 사육시설구조와 여기에 맞는 적정 수용 밀도를 규명하는 일이 시급하다. 폐쇄순환여과시스템은 좁은면적에서 많은 양을 생산 할 수 있고, 해적생물에 대한 적절한 대응이 가능하고, 먹이공급을 원활하게 할수 있으며, 저수온기에 수온을 인위적으로 조절 할 수 있고, 사육수를 재순환하여 사용할 수 있는 잇점이 있다.

따라서 이 연구는 전복치패의 사육이 용이하도록 고안한 폐쇄순환 여과시스템에서 참전복(*Haliotis discus hannai*) 치패를 대상으로 사육밀도에 따라 일간섭식율, 성장 및 생존을 등을 비교하여, 고밀도 사육의 가능성을 검토하고, 전복치패의 중간육성 방법과 완전양식화를 위한 기초적 자료의 확보와 기술을 확립하고자 실시 하였다.

시험에 사용한 전복류의 치패는 1992년 6월에 산란 수정시켜 생산된 각장 11.10 ± 0.56 mm인 참전복(*Haliotis discus hannai*) 인공종묘 1800개체를 재료로 하여 제주대학교 증식학과 어류양식 실험실에서 사육하였다.

밀도별 사육시험은 Table 1에서 보는 바와 같이 가두리 저면적 평방미터당 수용밀도를 1000개체(D 1000), 2000개체(D 2000), 3000개체(D 3000)에 해당되도록 환산하여 수용하였다. 사육기간은 참전복은 1992년 12월 15일부터 1993년 6월 15일까지 182일간 사육하였다. 먹이로는 시판용 건미역과 배추(*Brassica campestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*)를 항상 사육 수조내에 충분히 있도록 하여, 매일 신선한 먹이로 교환해 주었으며 공급량과 잔존량은 표면의 물기를 가아제로 제거한 후 계측했다. 먹이를 준 다음 먹이가 해수중에서 증감된 양을 알기 위하여 동일조건하에서 전복 치패를 수용하지 않은 수조에 먹이를 넣어 증감율을 산출한 후 섭식량을 보정하였다.

월별 성장도를 알아보기 위해서 각장 및 체중을 매월 1회 측정하였으며, 패각의 길이는 vernier caliper로 0.05 mm까지, 무게는 0.001 g까지 측정하였다.

밀도에 따른 성장도와 먹이효과를 비교하기 위하여 성장율, 증중율, 일간섭식율, 증육계수는 浮(1981)와 菊地 等(1967)의 방법에 의해 구했고, 사육에 따른 각 월별 폐사경향을 알기 위해 생존율 및 폐사율은 池 等(1988)의 방법을 따랐다.

시험 기간중 사육수조내의 수질측정은 매일 오전 10시에 수온, 비중, pH, 용존산소등을 조사하였다.

Table 1. Culture conditions for three different density groups of juvenile abalones

Density (ind./m ²)	Shell length (mm)	Shelter area of cage(m ²)	Individuals contained
D 1000	11.10 ± 0.56	0.28	300
D 2000	10.89 ± 0.71	〃	600
D 3000	11.59 ± 0.35	〃	900

측정일별 사육밀도에 따른 세가지 시험구간의 각장, 각폭, 각고, 체중의 차이에 대한 유의성 검정은 ANOVA-test (Nie *et al.*, 1975)에 의해서 실시하였으며, 시험구간의 유의차에 대한 다중검색 (multiple comparison)은 Duncan(1955)의 방법에 의하였다.

결 과

사육환경

조사기간 동안의 사육수조내의 환경요인은 Fig.

1에 나타나 있다. 즉, 수온은 12월 15일부터 4월 30일까지는 실온에서 사육하였기 때문에 20~25 °C로 변화의 폭이 크편이었다. pH는 시험 개시시에 다소 변동이 있었으나, 사육 10일 이후부터 시험 종료시까지 거의 7.6~7.8 사이를 유지하면서 안정적이었다. 비중은 사육기간 동안 변화폭이 심하였는데 그 원인은 실내사육에 따른 사육수의 증발로 인한 염분농도의 변화에 의한 것이라고 생각된다. 용존산소는 5.4~6.4 ppm 범위로서 밀도가 낮을수록 용존산소량은 높은 수치를 보였다.

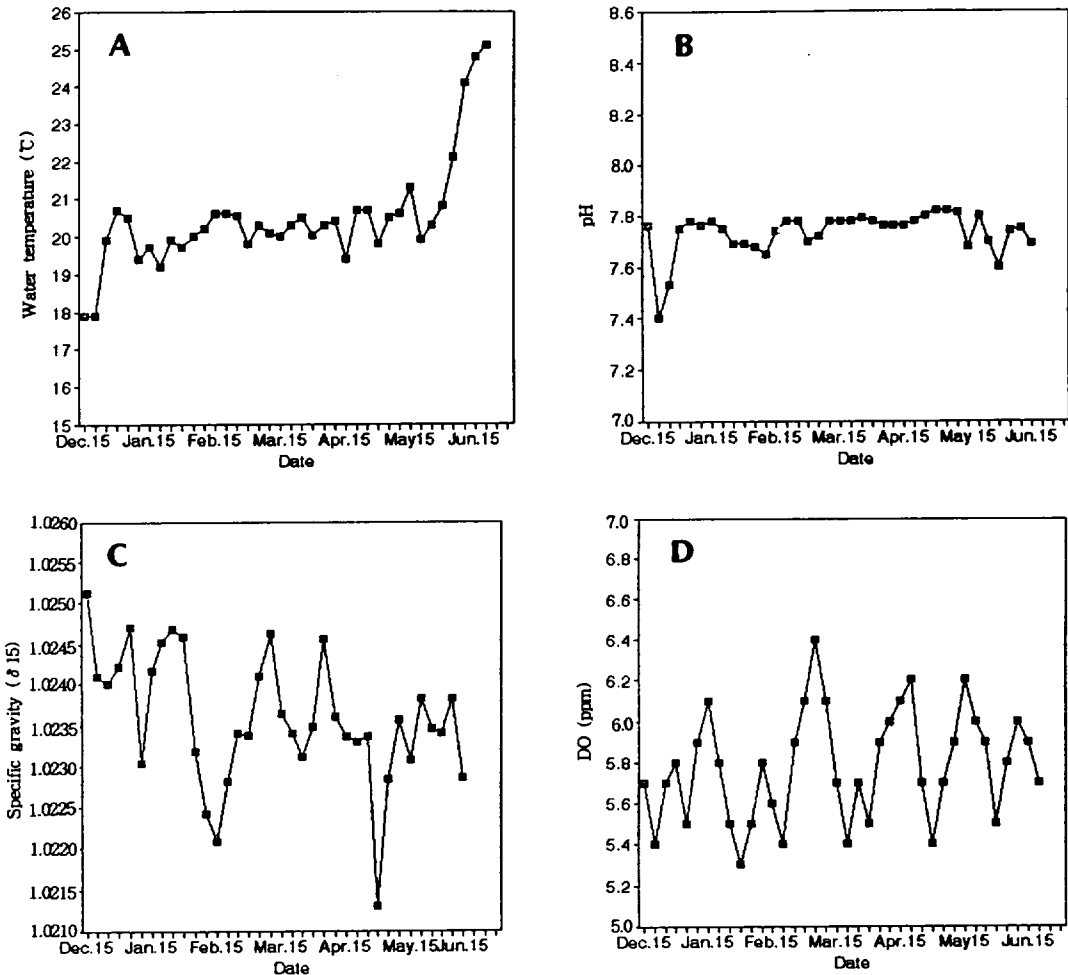


Fig. 1. Changes of water temperature(A), pH(B), specific gravity(C), and dissolved oxygen(D) daily measured at indoor tanks with the closed recirculating water system from December 15, 1992 to May 15, 1993.

Table 2. Growth of *H. discus hannai* in their shell length during the experiment

Date	Days of rearing	Mean shell length (mm)		
		D 1000	D 2000	D 3000
Dec. 15	—	11.10 ± 0.56	10.89 ± 0.71	11.59 ± 0.35
Jan. 15	31	13.88 ± 0.13	14.63 ± 0.14	14.40 ± 0.16
Feb. 15	62	15.29 ± 0.15	15.99 ± 0.14	16.04 ± 0.15
Mar. 15	90	16.76 ± 0.16	16.89 ± 0.18	16.54 ± 0.13
Apr. 16	122	17.32 ± 0.20	17.57 ± 0.19	17.17 ± 0.15
May. 16	152	17.55 ± 1.36 ^{ab}	17.89 ± 0.38 ^a	17.40 ± 1.38 ^b
June. 16	182	18.46 ± 1.12 ^a	18.64 ± 1.14 ^a	17.61 ± 1.28 ^b
Daily increment in S.L. (μm/day)		40.4	41.4	35.2

Different superscripts indicate that growth difference between groups is significant (P<0.05).

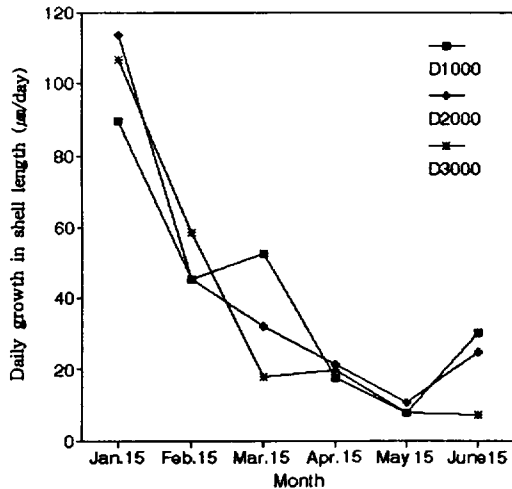


Fig. 2. Monthly changes of the daily growth in shell length of juvenile abalones at three different culture densities during the experiment.

사육밀도에 따른 성장

참전복에 있어서 시험 기간동안 수용밀도에 따른 각각의 결과는 Table 2와 같다. 사육 2개월째인 2월 15일경의 각 밀도별(D 1000, D 2000, D 3000) 사육결과를 보면 시험 개시시의 11.10 ± 0.56 mm, 10.89 ± 0.71 mm, 11.59 ± 0.35 mm에서 각각 15.29 ± 0.15 mm, 15.99 ± 0.14 mm, 16.04 ± 0.15 mm로 성장하였다. 특히 D 3000에서 가장 높은 성장을 보였지만, 밀도별 성장차이의 유의성은 인정되지 않았다. 사육 5개월째인 5월 16일에는 D 2000

(17.89 ± 1.38 mm)이 D 1000 (17.55 ± 1.36 mm)과 D 3000 (17.40 ± 1.38 mm)에 비해 좋은 성장을 보였다.

시험종료시인 6월 16일(사육 182일째)에는 D 2000 (18.64 ± 1.14 mm)과 D 1000 (18.46 ± 1.12 mm)은 비슷한 성장을 보였으며, D 3000 (17.61 ± 1.28 mm)에서는 성장이 좋지 않았다. 시험구간의 유의성 검정에서는 D 2000과 D 1000은 유의성이 인정되지 않았지만, D 2000과 D 3000에서는 유의적(P< 0.05)이었다. 시험구간 일간성장량을 비교하여 보면 D 2000 (41.48 μm/day)과 D 1000 (40.4 μm/day)은 비슷하게 나타났으며, D 3000 (35.2 μm/day)에서는 상대적으로 느린 성장을 보였다. 그리고 시험 기간동안의 월별 각각의 일간성장량은 Fig. 2와 같다. 수온이 낮은 1월부터 수온이 상승하기 시작하는 5월 16일까지의 일간성장량은 세 시험구(D 1000, D 2000, D 3000)에서 모두 계속 감소 하였으며, 그후부터 시험이 종료되는 6월 15일에는 일간성장량이 상승하는 경향을 보였다.

사육밀도에 따른 각폭의 성장결과를 Table 3에 표시했다. 실험 시작당시의 각폭은 각시험구에서 각각 7.26 ± 0.47 mm, 7.69 ± 0.17 mm, 7.92 ± 0.32 mm에서 시험 2개월째인 2월 15일에는 D 3000 (11.14 ± 0.10 mm)이 D 2000 (11.01 ± 0.11 mm)과 D 1000 (10.85 ± 0.14 mm)에 비해 다소 높은 성장을 보였으나, 각시험구별 유의 검정결과 이들 성장의 차이는 95 % 신뢰한계 수준에서 유의성이 인정되지 않았다. 사육 4개월째인 4월 16일에는 D 2000 (13.16 ± 0.13 mm)이 D 1000 (12.40 ± 0.11 mm)과 D 3000 Int(12.21 ± 0.09 mm)에 비해 성

Table 3. Growth of *H. discus hannai* in their shell width during the experiment

Date	Days of rearing	Mean shell length (mm)		
		D 1000	D 2000	D 3000
Dec. 15	—	7.26±0.47	7.69±0.17	7.92±0.32
Jan. 15	31	9.44±0.16	9.64±0.09	9.38±0.11
Feb. 15	62	10.85±0.14	11.01±0.11	11.14±0.10
Mar. 15	90	11.71±0.12	11.37±0.14	11.46±0.10
Apr. 16	122	12.40±0.11 ^b	13.16±0.13 ^a	12.21±0.09 ^b
May. 16	152	12.75±1.19 ^{ab}	13.24±0.87 ^a	12.41±0.85 ^b
June. 16	182	13.29±0.14 ^{ab}	13.64±0.10 ^a	12.78±0.51 ^b

Different superscripts indicate that growth difference between groups is significant (P<0.05).

Table 4. Growth of *H. discus hannai* in their shell height during the experiment

Date	Days of rearing	Mean shell length (mm)		
		D 1000	D 2000	D 3000
Dec. 15	—	2.72±0.23	2.37±0.19	2.13±0.42
Jan. 15	31	2.84±0.04 ^a	2.71±0.03 ^a	2.29±0.04 ^b
Feb. 15	62	3.10±0.05 ^b	3.48±0.05 ^a	3.43±0.06 ^a
Mar. 15	90	4.14±0.08 ^a	3.49±0.07 ^b	3.56±0.06 ^b
Apr. 16	122	5.52±0.09 ^a	4.82±0.06 ^b	4.61±0.04 ^b
May. 16	152	5.52±0.08 ^a	5.47±0.34 ^a	4.61±0.34 ^b
June. 16	182	5.58±0.14 ^a	5.59±0.06 ^a	4.88±0.93 ^b

Different superscripts indicate that growth difference between groups is significant (P<0.05).

장이 좋았으며, 시험구별 검정결과는 95 % 신뢰한계 수준에서 D 2000은 D 1000, D 3000과는 유의적이었지만, D 1000과 D 3000은 유의성이 인정되지 않았다. 시험종료시에는 D 2000이 다른 두 시험구에 비해 현저하게 높은 성장을 보였으며, 시험구별 검정결과는 95 % 신뢰한계 수준에서 D 1000과 D 3000 사이에는 유의성이 인정되지 않았지만, D 2000과 D 3000사이에는 유의적이었다.

참전복 치패의 사육밀도에 따른 각고의 성장결과는 Table 4와 같다. 각고의 성장을 보면 사육 2개월째인 2월 15일에는 D 2000 (3.48±0.05 mm)은 D 1000 (3.10±0.05 mm)과 D 3000 (3.43±0.06 mm)보다 성장이 좋았으며, 사육 5개월째인 5월 16일에는 D 2000 (5.47±0.34 mm)과 D 1000 (5.52±0.08 mm)은 D 3000 (4.61±0.34 mm)보다 빠른 성장을 보였으며, 각 시험구간의 검정결과는 95 % 신뢰한계 수준에서 D 1000과 D 2000사이에는 유의성이 인정되지 않았으나, D 3000은 다른 두 시험구와는 유의적(P< 0.05)이었다. 이러한 결과는 시험 종료시까지 유지되었으며, D 1000 (5.58

±0.14 mm)과 D 2000 (5.59±0.06 mm)은 거의 유사한 성장을 보인 반면 D 3000 (4.88±0.93 mm)에서는 성장이 늦었다. 그리고 각 시험구간의 유의성 검정은 95 % 신뢰한계 수준에서 D 1000과 D 2000사이의 성장차이는 유의성이 인정되지 않았지만, 성장이 늦은 D 3000을 D 1000, D 2000과 비교하였을때 이들 시험구간의 성장차이는 유의적이었다.

시험 기간중 참전복 치패의 사육밀도에 따른 체중의 증가량은 Table 5에 나타내었다. 시험 개시시에 각각 178±0.45 mg, 173±0.17 mg, 175±0.69 mg였으나, 사육 2개월째인 2월 15일에 D 1000, D 2000, D 3000의 체중의 성장은 각각 561±0.16 mg, 620±0.14 mg, 575±0.17 mg으로 D 2000에서 빠른 성장을 보였으나, 각 시험구별 유의성 검정결과는 95 % 신뢰한계 수준에서 유의성이 인정되지 않았다. 시험 5개월째인 5월 16일에는 D 2000이 1,111±0.23 mg으로 다른 두 시험구에 비해 좋은 성장을 보인 반면 D 1000과 D 3000은 990±0.26 mg, 960±0.22 mg으로 성장이 좋지 않았다. 시험

Table 5. Growth of *H. discus hannai* in their body weight during the experiment

Date	Days of rearing	Mean shell length (mg)		
		D 1000	D 2000	D 3000
Dec. 15	—	178 ± 0.45	173 ± 0.17	175 ± 0.69
Jan. 15	31	440 ± 0.11	420 ± 0.12	414 ± 0.14
Feb. 15	62	561 ± 0.16	620 ± 0.14	575 ± 0.17
Mar. 15	90	681 ± 0.19 ^b	738 ± 0.19 ^a	682 ± 0.16 ^b
Apr. 16	122	855 ± 0.25	990 ± 0.21	804 ± 0.16
May. 16	152	990 ± 0.26 ^{ab}	1,111 ± 0.23 ^a	960 ± 0.22 ^b
June. 16	182	1,190 ± 0.21 ^a	1,284 ± 0.22 ^a	1,104 ± 0.20 ^b
Daily increment in B.W.(mg/m ²)		6.0	6.1	5.1
Total biomass(g/m ²)		912.1	1948.9	2424.8

Different superscripts indicate that growth difference between groups is significant (P<0.05).

Table 6. Comparisons of number (No.) and total weight (T.W.) of cultured individuals, weight increase (W.I.), and conversion factors (C.F.) among three different density groups of juvenile abalones during the experiment

Density group	Feeding amount (g)	Initial		Final			
		No.	T.W. (g)	Survival No.	T.W. (g)	W.I. (g)	C.F.
D 1000	9,041	300	50.7	226	271.2	220.5	8.7
D 2000	10,687	600	101.4	425	545.7	444.3	9.6
D 3000	12,314	900	152.1	615	678.9	526.3	13.1

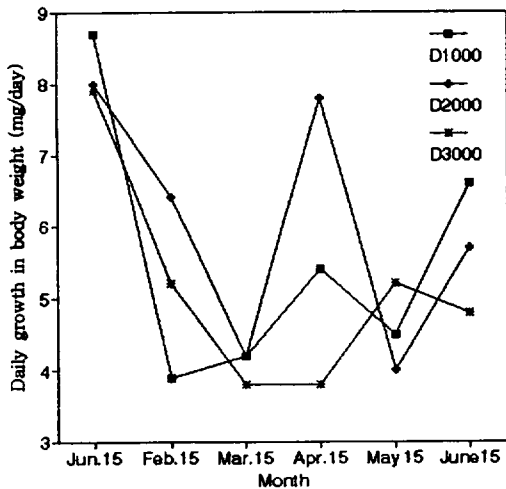


Fig. 3. Monthly changes of the daily growth in body weight of juvenile abalones at three different culture densities during the experiment.

종료시의 체중의 증가는 D 2000 (1,284 ± 0.22 mg), D 1000 (1,190 ± 0.21 mg), D 3000 (1,104 ± 0.20 mg)의 순위로서 각 시험구별 검정결과는 95 % 신뢰한계 수준에서 D 2000과 D 3000은 체중차이에 있어 유의적으로 나타났으나, D 1000과 D 2000사이에는 유의차가 인정되지 않았다. 일간 증중량은 D 2000에서 6.1 mg/day, D 1000에서 6.0 mg/day, D 3000에서 5.1 mg/day의 순위로 D 2000에서 빠른 성장을 하였지만, D 1000과는 비슷하였다. 그리고 시험 기간 동안 월별 체중의 일간증중량은 Fig. 3과 같다. 시험 1개월째에는 D 1000에서 다른 두시험구 D 2000과 D 3000에 비해 일간증중율이 높았으나, 시험 4개월째에는 D 2000 (7.8 mg/day)에서 D 1000 (5.4 μm/day)이나 D 3000 (3.8 μm/day)에 비해 높은 증가를 보였으며, 그 이후에는 세시험구 모두 비슷하게 증가하는 경향을 보였다. 시험기간중의 총증중량은 D 1000 (912.1 g/m²)과 D 2000 (1,948.9 g/m²)에 비해서 D 3000 (2,424.8 g/m²)에서 가장 높게 나타났다.

Table 7. Comparisons of survival rates from three different density groups of juvenile abalones during the experiment

Density group	No.	Survival No.	Survival rate	d	s	a
D 1000	300	226	75.3	1.56×10^{-3}	0.998444	1.56×10^{-3}
D 2000	600	425	70.8	1.89×10^{-3}	0.998111	1.89×10^{-3}
D 3000	900	615	68.3	2.09×10^{-3}	0.997912	2.09×10^{-3}

d ; Instantaneous death rate, s ; Daily survival rate, a ; Daily death rate.

사육밀도에 따른 참전복 성장의 결과를 요약해 보면 각장, 각폭, 각고등의 패각의 성장은 전반적으로 시험 2개월 부터 4개월까지는 비교적 빠른 성장을 보였고, 그 이후는 다소 완만한 성장을 하였다.

먹이효과

시험 기간동안 수용밀도에 따른 전복치패의 체중증가량, 증육계수, 생존개체수를 Table 6에 나타내었다. 시험 기간동안 세가지 다른 수용밀도에 따른 체중증가를 보면 D 1000에서 220.5 g, D 2000에서 444.3 g, 그리고 D 3000에서 526.8 g으로 D 3000에서 가장 높은 체중증가를 보이고 있다. 밀도별 총체중의 증가는 밀도가 높을수록 좋은 성장 결과를 보였다. 증육계수는 밀도가 높을수록 큰 수치를 나타냈다.

생존율

시험 기간중의 밀도에 따른 생존율과 폐사율은 Table 7에 나타나있다. 시험구에 따른 일간폐사율을 비교하면 D 1000에서 1.56×10^{-3} , D 2000에서 1.89×10^{-3} , D 3000에서 2.09×10^{-3} 으로 밀도가 높을수록 일간폐사율이 높았다.

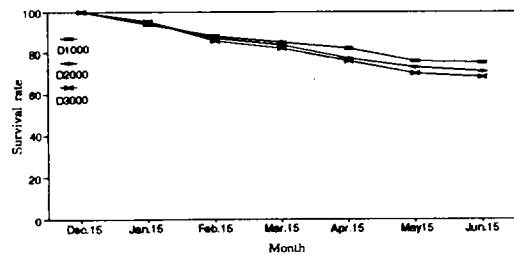


Fig. 4. Monthly changes of survival rate of juvenile abalones at three different culture densities during the experiment.

사육기간 동안 밀도에 따른 전복류 치패의 생존율은 Fig. 4와 같다. 실험시작 후 사육 2개월째인 2월 15일에는 D 1000이 88.3 %, D 2000과 D 3000이 각각 86.7 %, 87.8 %의 생존율을 보였으며, 사육 4개월째인 4월경에는 각 시험구간에 근사한 차이를 보였다. 시험 종료시에는 D 1000이 75.3 %로 D 2000 (70.8 %)나 D 3000 (68.3 %)에 비해 높은 생존율을 보였다.

고찰

전복속(*Haliotis*)의 종묘생산 초기과정에서 채묘기에서 박리한 각장 5 mm내외의 치패를 보다 빠르게 성장시키기 위하여 해조류의 유엽등으로 먹이를 전환시키고, 생산율을 높이기 위하여 각종 시설을 이용한 평면사육으로 각장 10 mm이상의 종묘로 육성시킨다(井上, 1976). 각장 10 mm 이후의 중간육성은 해적생물의 피해를 크게 줄일 수 있는 크기인 각장 3cm까지 육상수조 또는 해상가두리에서 실시하고 있다(小島, 1981). 그러나 제주도의 해양 여건상 해상가두리와 같은 자연해면을 이용한 양식시설에는 어려운 점이 많다. 따라서, 유수 사육할 경우 필요한 과다한 비용을 절감하고 보다 안정적인 사육을 위하여 폐쇄순환 여과시스템에서 중간육성을 하였다.

참전복의 중간육성에 대하여 Uki *et al.* (1981)은 수온이 22.5 °C 이상이 되면 급격히 늦어진다고 하였고, 池 等(1988)은 수하식 양식채용에서 수온에 따른 참전복의 성장은 21.7 °C에서 가장 좋았으며, 이때의 일간성장량은 85.8~104.2 $\mu\text{m}/\text{day}$ 이고, 일간 증중량은 18.4~24.2 mg/day 로서, 25.2 °C때의 53.8~59.2 $\mu\text{m}/\text{day}$ 및 10.5~16.6 mg/day 와 비교할때 큰 차이가 있었다고 보고하였다. 이 시험에서는 수온 20~22 °C범위에서 일간성장량은 46.2~106 $\mu\text{m}/\text{day}$, 일간증중량 4.2~8.0 mg/day 이었으

며, 23~25 °C 범위에서는 10~25 $\mu\text{m/day}$ 및 4.0~5.7 mg/day 으로서 수온에 따른 성장 경향은 池等(1988)과 일치되지만 성장량은 수온 20 °C 전후에서 전 기간을 통하여 저조하였다. 이는 池等(1988)은 개방된 수역에서 수하식 양식채물을 사용하였던 것에 비하여 이 시험은 폐쇄된 실내에서 순환여과시스템을 이용하였기 때문에 사육방법과 환경의 차이에서 기인한 것으로 생각된다. 따라서, 위에서의 결과를 종합해 볼때 참전복의 서식 적수온은 22 °C 전후로 나타났다.

한편, 井上等(1986)의 육상수조 사육에서 20 °C일때 일간성장량 104 $\mu\text{m/day}$, 일간증중량 2.7 mg/day 으로 성장하였으나, 25~28 °C일때의 일간성장량은 137 $\mu\text{m/day}$, 일간증중량 3.3 mg/day 으로 오히려 고수온에서 사육 성적이 좋게 나타났다. 이 결과는 Uki et al. (1981), 池等(1988)의 실험결과와 상반된 결과로서 그들이 사용한 치패의 크기는 20~24 mm로서 비교적 큰 치패였으며, 사육방법에 있어서도 수하식 양식채물, 폐쇄순환 여과시스템과는 다른 육상수조내에서 유수식에 의한 사육방법을 사용한데서 온 결과로 생각된다.

盧와 柳(1984)는 참전복 치패를 육상식물인 배추(*Brassica capestris* subsp. *napus* var. *pekinensis*)를 먹여서 각각 10 mm, 체중 0.21 g의 치패를 91일간 사육한 결과 각각 16.5~17.0 mm(일간성장량 70.55 μm), 체중 0.65~0.7 g (일간증중량 3.11 mg)으로 성장했다고 보고하였다. 浮(1981)는 다시마의 일종(*Laminariales ochotensis*)을 이용하여 각각 24 mm, 체중 1.9 g의 치패를 30일간의 사육에서 각각의 일간성장량이 최대 116 $\mu\text{m/day}$ 였다고 보고 한 바있다. 이 시험에서는 배추와 건미역을 이용하여 참전복 치패를 사육한 결과 일간성장량이 35.2~41.4 $\mu\text{m/day}$, 일간 증중량 5.1~6.1 mg/day 으로 盧와 柳(1984), 浮(1981)에 비해 저조하였다. 이는 사육밀도가 盧와 柳(1984)의 166개체/ m^2 와 浮(1981)의 50개체/ m^2 에 비해 높았으며, 먹이로 사용한 배추와 건미역이 쉽게 변질하여 폐쇄순환 여과시스템에서 수질유지에 적합하지 못한 것에 기인 하였다고 생각된다.

참전복의 증간육성 밀도에 대하여 池等(1988)은 수하식 양식채물에서 각각 10~20 mm, 체중 450~550 mg의 치패를 평방미터당 1000개체, 2000개체, 3000개체를 수용하여 123일간 사육한 결과 수용밀도 1000개체에서 각각 24.87 mm(일간성

장량 83.9 $\mu\text{m/day}$), 체중 2,352.7 mg(일간체중증가량 15.0 mg/day)으로 가장 빨리 성장하였으며, 1000개체 이상에서는 밀도가 높을수록 성장은 좋지 않았으나, 생존율은 90~92 %를 유지했다고 보고하였다. 이 시험에서도 그들과 동일한 수용밀도로 사육한 결과, 각각 11.10 mm, 체중 169 mg되는 치패를 평방미터당 2000개체를 수용했을때 각각 18.64 mm(일간성장량 41.4 $\mu\text{m/day}$), 체중 1,284 mg(일간 증중량 6.1 mg/day)으로 가장 빠른 성장을 하였지만 池等(1988)의 평방미터당 1000개체보다 저조한 성장을 보였다. 이는 전복의 성장에 관여하는 수질환경, 사육치패의 크기와 밀도, 그리고 사육수온 등 여러가지 요인을 고려 할 수 있지만, 池等(1988)이 사용한 치패의 크기는 각각 10~20 mm(체중 450~550 mg)인데 비하여 이 연구에서는 11.1 mm(체중 169 mg)로 각각의 크기가 대략 1/2에 해당하고 증량에 있어서 3배의 차이가 나는 작은 치패를 사용하였다. 따라서 이들 치패의 성장단계가 다름에서 오는 성장속도의 차이에 기인된 것으로 생각된다.

참전복의 증육계수에 대하여 盧와 柳(1984)는 10 mm의 참전복 치패를 91일간 사육한 결과 증육계수가 20.89로 보고하였으며, 池等(1988)은 10~20 mm의 치패를 평방미터당 1000, 2000, 3000개체를 수용하여 123일간 사육한 결과 증육계수는 각각 5.33, 5.79, 6.18로 수용밀도가 낮을수록 증육계수도 낮은 결과를 보였다. 이 시험에는 池等(1988)과 같은 밀도 조건에서 사육한 결과 증육계수는 각각 8.7, 19.6, 13.1로서 盧와 柳(1984)의 20.89보다는 낮았고 池等(1988)의 결과에 비하여서도 세시험구에서 모두 저조한 결과를 보였지만 밀도가 낮을수록 증육계수가 낮은 것은 다른 사람들의 실험결과와 일치하고 있다. 한편, 이 시험 결과에서 나타난 참전복의 증육계수가 타 연구자들의 결과와 차이가 있는 것은 용존산소량과 수온, 수용밀도 등의 사육환경에 따른 차이도 있었지만, 시험당시 손쉽게 구할 수 있었던 배추를 건미역과 함께 먹이로 사용 하였기 때문으로 생각된다. 수분 함량에 있어서 해조류(다시마 15.8 %, 미역 16.3 %, 파래 15.2 %)나 배합사료(10 %내외)에 비하여 배추는 89.8 %로 월등하게 높을뿐 아니라 공급후물속에서의 빠른 변질에 따른 수질 악화에 기인된 것으로 생각된다. 따라서 동일 사육조건하에서의 먹이 종류에 따른 증육계수의 영향에 대해서는 앞

으로 보다 깊은 연구가 필요하다고 생각된다.

요 약

전복 치패의 중간육성은 자연에 방류한 종묘의 생존율을 높여 자원보존과 생산량 증강을 위해 매우 중요한 것으로 알려져 있다. 그러나 제주도의 경우 외해에 면하고 있어서 해양 여건상 해상가두리와 수하식 전복채종과 같은 중간육성시설의 설치가 매우 어려운 실정이다. 따라서 이 실험에서는 육상수조에서 유수사육을 할 경우 필요한 과다 경비의 절감과 함께 안정적인 전복치패의 중간육성을 위해서 사육이 용이하도록 고안한 폐쇄순환 여과시스템에서 전복치패의 성장에 미치는 밀도의 영향을 알아보고자 평방미터당 1000, 2000, 3000 개체를 수용하여 182일동안 사육하였다. 그 결과, 성장은 평방미터당 1000개체와 2000개체를 수용하였을 경우가 3000개체를 수용했을 때 보다 좋았다($P < 0.05$). 증육계수는 세가지의 밀도군에서 각각 8.7, 9.6, 13.1로서 낮은 밀도일수록 낮게 나타났으며, 생존률은 각각 75.3, 70.8, 68.3으로 높은 밀도일수록 낮게 나타났다.

참 고 문 헌

- Duncan, D. B. 1995. Multiple range and multiple *F* tests. *Biometrics* 11, 1~42.
- 井上正昭. 1969. 아와비의种苗量産放流. *水産増殖* 16(6), 295~307.
- 井上正昭. 1976. 아와비의种苗放流. *日本水産學會編, 水産學シリ-ズ P. 9~39.*
- 井上清和·鬼頭 鈞·浮 永久 菊地省吾. 1986. 高温条件下におけるエゾアワビ, クロアワビ, 交雑アワビの成長と生残. *西水研報* 63, 73~78.
- 井岡 勲. 1981. 多段式아와비中間育成裝置の開発について. *栽培技研*. 10(2), 23~38.
- 猪野 峻. 1952. 邦産아와비屬の増殖に関する生物學的研究. *東北區水研報* 5, 1~102.
- 猪野 峻. 1966. 아와비とその増養殖. *日本水産協, 水産増養殖叢書* 11, 1~103
- 石田 修. 石河正裕. 1992. 配合飼料によるクロ아와비稚貝の飼育. *水産増殖* 40(2), 167~172.
- 池榮洲·柳晟奎·盧 暹·金承憲. 1988. 垂下式養殖採籠에 의한 참전복, *Haliotis discus hannai* Ino 稚貝의 收容密度와 成長. *國立水産振興院* 42, 59~69.
- 菊地省吾. 1963. エゾアワビのタンク採苗について. *水産増殖臨時號* 2, 5~14.
- 菊地省吾·櫻井保雄·佐佐木 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.
- 金龍述·趙昌換. 1976. 忠武近海産 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 早期採苗技術에 關한 研究. *韓水誌*. 9(1), 61~68.
- 小竹子 之助·中久喜昭. 1984. 아와비, 사자어種苗生産의 現狀と問題點. *水産における技術開發の現狀と展望, 技術情報センター*. p. 43~67.
- 小河淳一·内場燈夫·竹井紀一. 1977. 아와비種苗의 海上筏による中間育成について. *福岡縣水試験研業報*. p. 137~166.
- 小河淳一·内場燈夫. 1978. 아와비種苗의 海上筏による中間育成について. *福岡縣水試験研業報*. p. 160~181.
- 小島 博. 1981. 크로아와비放流稚貝의 死亡について. *日水誌* 47(2), 151~159.
- Nie, N. H., C. H. Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner and D.H. Bent. 1975. *SPSS: Statistical Package for the Social Sciences*, 2nd ed. McGraw Hill, New York, U.S.A. p. 675.
- 大森正明. 1982. 아와비種苗生産と中間育成의 現狀. *養殖*, 19(12), 97~101.
- 卞忠圭. 1970. 전복의 増殖에 關한 研究. *韓水誌* 3(3), 177~241.
- Rosenthal, H. and K. Fujino. 1985. エゾアワビ의 遺傳學의 爲의 環境條件의 標準化について. *水産の研究* 4(5), 73~76.
- 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 春季採苗에 關하여. *水振研究報告* 13, 77~92.
- 盧 暹·朴春奎. 1975. 전복의 増殖에 關한 研究.(II) *麗水近海産 참전복 Haliotis discus hannai* Ino의 産卵期. *韓水誌* 8(4), 234~241.
- 盧 暹·柳晟奎. 1984. 전복의 増殖에 關한 研究(III) 전복먹이로서 陸上植物의 利用에 關한 研究. *水振研究報告* 33, 173~133.
- 盧 暹. 1988. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의

- 種苗生産에 관한 研究. 釜山水産大學 博士學位論文. p. 139.
- 坂井英世. 1971. 循環濾過式飼育槽による稚アワビの育成について. 水産増殖 19(3), 115~120.
- 關 哲夫・管 野尚. 1977. エゾアワビの初期發生と水温による發生速度の制御. 東北區水研報 38, 143~153.
- 關 哲夫. 1978. アワビ種苗生産の考え方. 水産學シリーズ 23, 57~67.
- 里 正徳・永池 建次郎・久原 俊之. 1981. アワビの中間育成について. 栽培技研 10(1), 35~41.
- 酒井誠一. 1962. エゾアワビの生態學的研究-IV. 成長に關する研究. 日水誌 28(9), 899~904.
- 土田建治・大森正明・五日市周三. 1981. アワビ中間育成技術の手引. 岩手縣栽培センター 1, 1~4.
- 内田惠太郎・山本孝治. 1924. 朝鮮近海におけるアワビの分布. Venus 11(4).
- 浮 永久・菊地 省吾. 1979. 附着性微小藻類6種エゾアワビ稚貝に對する餌料效果. 東北水研研究報告 40, 47~52.
- 浮 永久・菊地省吾. 1981. アワビ屬採卵技術に關する研究. 第7報, 母貝飼育裝置の比較檢討. 東北水研研究報告 43, 47~51.
- 浮 永久. 1981. エゾアワビに對する コンブ目海藻の餌料價値. 東北水研研究報告, 42, 19~29.
- Uki, N., F. G. John and K. Shogo. 1981. Juvenile growth of the abalone, *Haliotis discus hannai*, fed certain benthic micro algae related to temperature. Bull. Tohoku Reg. Lab. 43, 59~63.