

수온과 shelter 형태를 달리한 참전복 사육에서 배합사료 및 미역 공급 효과

이상민 · 박찬선* · 고태승*
강릉대학교 해양생명공학부, *국립수산진흥원

Effects of Formulated Diet or Macroalgae (*Undaria pinnatifida*) on the Growth and Body Composition of Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*) Cultured in Different Water Temperature and Shelter Type

Sang-Min LEE, Chan-Sun PARK* and Tae Seung GO*

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

*National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

A 15-week feeding trial was conducted to investigate the effect of formulated diet or macroalgae (*Undaria pinnatifida*) on the survival, growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) under the different rearing environmental conditions (four shelter types and two water temperatures). Water temperature was maintained to 16.4°C by heated and 13.7°C by not heated natural sea water. The survival rate, weight gain and shell growth of abalone were affected by diet and water temperature ($P < 0.001$). Survival rate of abalone fed the formulated diets was higher than that of abalone fed the *Undaria pinnatifida* at natural sea water ($P < 0.05$), but this value was not influenced within abalone stocked at heated sea water in each shelter group ($P > 0.05$). Weight and shell growth of abalone fed the formulated diets were significantly higher than those of abalone fed the *Undaria pinnatifida* at each temperature or shelter ($P < 0.05$). Moisture, lipid and ash contents of the soft body were mainly affected by feeding diet than temperature or shelter ($P < 0.05$). This study indicate that formulated diet used in this experiment could improve the growth of abalone independent of water temperature or shelter, and heated water could show a better growth of abalone in winter season.

Key words: abalone (*Haliotis discus hannai*), shelter type, water temperature, formulated diet, macroalgae (*Undaria pinnatifida*).

서 론

전복은 우리 국민의 기호식품으로 취급되어 왔고, 최근에는 생활 변화와 소비형태의 다양화에 따라 그 수요가 날로 증가하는 반면, 연안 자원 남획으로 생산은 오히려 감소되고 있어 이에 대한 대책이 요구되고 있다. 이러한 전복은 Kikuchi and Uki (1974a,b) 와 Uki and Kikuchi (1982a,b)에 의해 적산수온의 개념으로 모패의 인위적인 성숙과 자외선조사에 의한 산란유발기법이 확립되어 인공종묘의 대량생산 (Kim and Cho, 1976; Pyen, 1970)이 가능해져 종묘를 연안에 방류, 수하식 채롱양식 또는 육상수조식 양식에 의해 사육되고 있다. 그러나 1 cm 정도의 소형치패를 그대로 연안에 방류할 경우 방류후 환경에 대한 적응력이나 해적생물 등으로 인하여 방류효과가 감소하는 문제점이 잠재되어 있다. 따라서 소형치패의 직접적인 방류보다는 중간육성에 의한 대형치패 (3 cm 이상)의 방류, 해조장 조성에 의한 치패의 방류, 수하식 채롱양식에 의한 완전양식 등을 시도하는 것이 바람직할 것이다. 그러나 이러한 수하식 채롱양식에 의한 사육도 적합한 양식장의 제한, 태풍이나 적조발생에 의한 피해, 해적생물 및 도난에 대한 위험이 항상 존재하기 때문에 사육의 전 과정을 인위적으로 관리 할 수 있는 육상수조식 양식이 점차 증가하고 있는 추세이다. 이와 같이 전복양식 규모가 커짐에 따라 연중 양질 먹이의 안정적인 공급

등에 대한 문제가 대두되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 배합사료의 개발과 이용이 절실한데, 전복 배합사료는 기존의 미역이나 다시마같이 해조류 먹이가 가지고 있는 주요 문제점들, 즉 연중 먹이 확보, 채취 및 운반에 필요한 노동력, 장기보관, 부피와 무게로 인한 취급의 어려움 등을 해결할 수 있어 전복양식 산업의 발전을 가속화시킬 수 있는 중요한 요인이다.

전복 먹이로 해조류의 종류 (Kikuchi et al., 1967; Kikuchi and Uki, 1982; Na, 1996; Uki, 1981a) 및 사료 (Mai et al., 1995; Uki et al., 1985a,b; Viana et al., 1993)에 따른 효과를 조사한 바 있다. 또한, 우리 나라의 중요한 양식 종인 참전복의 경제적인 배합사료를 개발하기 위하여 국내에서도 일련의 연구 (Lee et al., 1998a,b,c; Lee and Park, 1998; Jeong et al., 1994)가 수행되어 왔다. 이러한 연구 결과를 토대로 Lee (1998)는 참전복용으로 몇 가지의 경제적인 사료 배합비를 제시하였다. 전복 인공배합사료 개발 및 이용에 관한 실험이 주로 사료의 영양학적인 측면에서 수행되었고, Kim et al. (1998a,b)은 Lee (1998)가 제시한 배합비로 전복 종류와 사육 밀도에 따른 효과를 조사한 바 있다. 이어서 본 연구는 사육수온 (가온수, 자연수), 먹이 (배합사료, 미역) 및 shelter 형태별에 따른 참전복 치패의 성장, 생존율, shelter 부착률 등을 비교 분석하여 전복 양식에 보다 실질적인 자료를 제시하고자 수행되었다.

이 논문은 농림부 현장애로기술개발사업의 연구비로 수행되었음.

재료 및 방법

실험용 배합사료는 Lee (1998)가 제시한 경제적인 배합비 중에서 Kim et al. (1998a,b)이 사용한 것 (단백질: 34%, 지질: 6%)이며, 사료의 성형은 Lee (1998)와 같은 방법으로 제조하였다. 양어들이 전복의 주 먹이로 사용하는 천연 해조류로 생미역 (*Undaria pinnatifida*)을 구입하여 적당한 크기로 절단하여 공급하였다.

실험에 사용한 shelter (Fig. 1)는 4 종류 (shelter 1, shelter 2, shelter 3, shelter 4)이며, 크기는 shelter 1이 가로, 세로, 높이가 24×40×7 cm, shelter 2가 24×40×6 cm, shelter 3이 26×40×3 cm, shelter 4가 15×25×6 cm이었다. 그리고 shelter는 각 사육수조 (45×70×30 cm의 plastic)별로 1개씩 수용하였다.

매일 오전 10시에 수온, salinity, pH, DO를 조사하였다. 사육기간 동안 보일리로 가온한 실험구의 수온이 16.4±0.96℃ (평균±표준편차), 가온하지 않은 실험구의 수온이 13.7±2.95℃였다. 자연수온은 시험개시시 9℃ 전후에서 차츰 상승하여 시험종료시에는 18℃까지 상승하는 경향을 보였으며, 가온 실험구는 실험 시작시 15℃ 전후로 유지하다가 자연수온이 15℃로 상승할 때부터 가온하지 않은 자연 해수를 공급하였다. 용존산소는 가온수가 6.3±0.732 mg/l, 자연수가 7.6±0.80 mg/l로 가온수가 자연수보다 다소 낮았다. pH는 가온수가 8.1±1.45, 자연수가 8.1±1.47로 비슷한 경향을 보였고, salinity는 가온수와 자연수 모두 34.0±0.10‰로 나타났다.

평균체중 142 mg인 참전복 치패를 100마리씩 선별하여 각 실험수조에 수용하여 먹이종류 (배합사료, 미역)×shelter 형태 (4종류)×사육수온 (자연수, 가온수)×2반복으로 15주간 사육하였다. 2일 1회 먹고 남은 정도로 먹이를 충분히 공급하면서 생존 개체수는 매일 조사하였고, 치패의 부착률을 4주 간격으로 shelter에 부착한 치패를 조사하였다.

체성분 분석용으로 실험 시작시 200마리, 실험 종료시 각 수조에서 50마리씩 임의로 추출하여 일반성분 분석용으로 냉동보관 (-75℃)하였다. 사료 및 전복 가식부의 일반성분은 AOAC 방법 (1990)에 따라 분석하였다. 실험결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1997) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 유의수준 5%에서 검정하였고, factorial ANOVA-test로 먹이종류, 수온 및 shelter 형태에 대한 상관요인을 분석하였다.

결과 및 고찰

Table 1에 표시한 바와 같이 치패 생존율은 먹이종류와 사육수온에 따라 차이를 보여 자연수의 미역 공급구들이 대체로 낮은 경향을 보였고, 특히 자연수 미역 공급구 shelter 3에서 제일 낮은 74%를 나타내었다 (P<0.05). Shelter 형태별 평균 생존율은 shelter 1이 93%, shelter 2가 88%, shelter 3이 87%, shelter 4가 86%로 shelter 1이 가장 높았다. 사육수온별 평균 생존율은 가온수가 90%로 자연수의 87%보다 약간 높았고, 먹이종류에 따른 치패의 평균 생존율은 배합사료 공급구가 92%로 미역 공급구의 85%보다

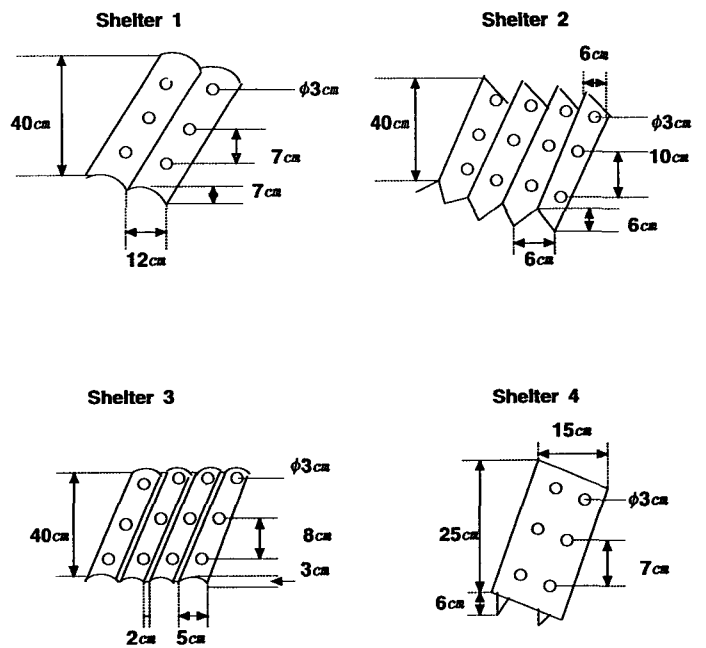


Fig. 1. Shelter types used in the experiment.

높았다. 이와 같이 해조류 공급구의 낮은 생존율은 앞 연구들 (Lee, 1998; Lee et al., 1998b,c)에서도 공통된 현상으로 배합사료를 공급하는 것이 해조류보다 참전복 치패의 생존율을 높일 수 있을 것이다.

중체율 (Table 1)은 먹이종류 및 사육수온에 따라서는 차이를 보였으나 (P<0.05), 가온수의 미역 공급구를 제외하고는 동일 수온의 동일 먹이 공급구에서 shelter 종류에는 영향을 받지 않았다 (P>0.05). 즉, 동일 수온에서 체중 증가는 shelter 종류에 관계없이 배합사료 공급구가 현저히 높았으며 (P<0.05), 동일 먹이 공급구 내에서는 가온수가 자연수보다 높았는데, 특히 배합사료 공급구에서 이러한 차이는 더 현저하였다 (P<0.05). 각장, 각복 및 각고의 성장도 역시 체중 변화와 유사하게 가온수의 배합사료 공급구가 유의하게 높았다 (P<0.05). Yamasaki (1991)는 전복의 먹이섭취량 및 성장은 사육환경, 사육시기, 수온, 치패의 크기에 따라 달라질 수 있다고 하였다. 본 실험에서도 사육수온에 따라, 먹이종류에 따라서는 전복의 성장차이가 현저하였고, shelter 형태에 따라서는 상대적으로 적은 차이를 보였다. 가온수의 미역 공급구의 경우에는 생존율과 성장이 shelter 1 또는 2에서 양호한 (P<0.05) 성적을 보인 반면에 자연수에서는 특별한 경향을 관찰할 수 없었으며, 배합사료 공급구들에서도 shelter에 따른 차이는 없었다 (P>0.05).

사육실험 기간 중에 치패의 shelter 부착률은 Fig. 2에 표시한 것처럼 수온에 관계없이 shelter 3이 가장 낮은 값을 보였는데, 이러한 경향은 미역 공급구 (95~97%)보다 배합사료 공급구 (4~7%)에서 현저하였다. 이 결과는 shelter 선택의 밝기 차이에 의한 것으로 보이는데, shelter 3의 색깔이 거의 투명한 PT판 재질이어서 음영효과가 있어야 할 shelter의 기능을 제대로 발휘하지 못한 결과로 생각된다. 반면에 미역 공급구는 양호한 부착률을 보였는데, 이는 미역의 특성, 즉 미역 자체가 음영효과를 가지고 있어

Table 1. Growth performance of abalone fed the diets at different water temperature and shelter type for 15 weeks¹

Water tem.	Diets	Shelters	Final wt. (g)	Survival rate (%)	Weight gain (%) ²
Heated	Formulated diet	S-1	1.06 ± 0.919 ^d	92.5 ± 2.12 ^{cde}	631.4 ± 60.66 ^c
		S-2	1.10 ± 0.212 ^d	83.5 ± 4.95 ^{abc}	655.5 ± 16.89 ^c
		S-3	1.08 ± 0.127 ^d	95.5 ± 4.95 ^{de}	638.9 ± 89.94 ^c
		S-4	1.05 ± 0.212 ^d	90.5 ± 2.12 ^{bcde}	621.3 ± 14.14 ^c
	<i>Undaria pinnatifida</i>	S-1	0.83 ± 0.565 ^c	98.0 ± 0.01 ^e	467.1 ± 34.93 ^d
		S-2	0.75 ± 0.353 ^c	89.0 ± 2.73 ^{bcde}	414.5 ± 25.81 ^{cd}
		S-3	0.60 ± 0.636 ^{ab}	87.5 ± 2.12 ^{bcde}	315.0 ± 40.59 ^{ab}
		S-4	0.60 ± 0.212 ^{ab}	84.0 ± 0.01 ^{abc}	313.6 ± 14.71 ^{ab}
Natural	Formulated diet	S-1	0.78 ± 0.000 ^c	97.5 ± 2.12 ^e	434.9 ± 1.41 ^d
		S-2	0.74 ± 0.127 ^{bc}	97.0 ± 1.41 ^e	408.9 ± 86.19 ^{bcd}
		S-3	0.77 ± 0.424 ^c	90.0 ± 4.24 ^{bcde}	427.0 ± 28.42 ^d
		S-4	0.71 ± 0.141 ^{abc}	88.0 ± 4.24 ^{bcde}	387.2 ± 13.01 ^{abcd}
	<i>Undaria pinnatifida</i>	S-1	0.58 ± 0.000 ^a	85.0 ± 1.41 ^{bcd}	298.5 ± 1.83 ^a
		S-2	0.59 ± 0.070 ^{ab}	81.0 ± 5.66 ^{ab}	309.7 ± 6.22 ^{ab}
		S-3	0.58 ± 0.777 ^a	74.5 ± 0.71 ^a	301.5 ± 50.55 ^a
		S-4	0.61 ± 0.565 ^{ab}	81.0 ± 2.83 ^{ab}	317.9 ± 39.66 ^{abc}

¹Values (mean ± s.d. of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).
²(Final weight - initial weight) x 100/initial weight.

은신처 역할을 한 결과일 수도 있을 것이다. 그리고 사육수온에 따른 치패의 부착률은 실험 종료시 평균 83~86%로 뚜렷한 차이를 보이지 않아 치패의 부착률과 수온은 큰 관계가 없을 것으로 보인다. 반면에 Fig. 2에서 보듯이 사육실험 초기에는 배합사료 공급구의 부착률이 미역 공급구보다 낮은 것으로 나타나 배합사료로 사육할 때에는 이러한 차이가 고려되어야 할 것이다. 하지만 치패의 shelter 부착률과 성장효과 사이에는 특별한 관계가 없었음에도 불구하고 가운데수에 미역 공급구의 shelter 1 또는 2의 성장이 shelter 3 또는 4보다 좋았던 이유에 대해서는 shelter 크기(치패의 활동 범위)와 색택, 재질, 표면 감촉(거칠기) 등의

shelter 특성과 사육 전복의 크기 및 공급 먹이 특성 등 복합적인 요인을 동시에 고려하여 차후 상세한 검토가 있어야 할 것으로 보인다.

Culley and Sherman (1985)은 전복이 부착하는 기질의 particle size에 따라서 이동시에 점액 분비량이 달라지고, 이러한 점액 분비량은 결국 체내 에너지흐름과 연관되기 때문에 전복 양식에 있어 부착기질의 선택은 매우 중요한 의미를 갖는다고 주장하였다. 이와 같은 전복 부착기질에 대하여 Hamano et al., (1987)은 시간적, 공간적 선택성, 즉 전복이 shelter에 부착시 호흡공의 위치와 shelter의 개폐방향, 중력방향과 부착자세와의 관계, 계절과 성숙에 따른 shelter 부착시 전복의 군집성 등을 조사하였다.

실험 시작시 및 종료시의 전복치패 가식부의 일반성분 분석결과는 Table 2에 표시하였다. 실험 시작시 81.0%이었던 수분 함량은 실험 종료시 79.4~82.8%로 나타났는데, 먹이종류와 사육수온에 따라서는 차이를 보였으나 shelter 종류에 따라서는 차이가 없었다. 즉, 동일 수온에서 배합사료 공급구가 미역 공급구보다 낮은 경향이었고 (P<0.05), 동일 사료 공급구에서는 가운데수가 낮은 경향이였다 (P<0.05). 실험 종료시의 단백질 함량은 실험구간에 유의한 차이가 없었다 (P>0.05). 실험 종료시의 지질 함량은 배합사료 공급구 모두에서 실험 시작시의 0.84%보다 높게 나타났으며, 자연수의 미역 공급구에서는 실험 시작시보다 전반적으로 낮아져 배합사료와 차이를 보였다 (P<0.05). 그리고 회분 함량은 실험 시작시의 3.4%보다 전 실험구에서 낮았고, 배합사료 공급구가 미역 공급구보다 낮아 유의차를 보였다 (P<0.05). 이와 같이 해조류 공급구의 전복 가식부의 지질 함량이 낮은 것은 Lee (1998)와 Lee et al. (1998a,b,c)의 결과에서와 마찬가지로 전복의 최대 성장에 필요한 영양소 균형이 배합사료에 비해 미역에서 훨씬 낮기 때문일 것이다.

먹이, 수온 및 shelter 종류간에 미치는 영향 (Table 3)을 factorial ANOVA로 분석한 결과, 생존율, 증체율, 수분 및 지질 함량은 먹이종류 및 수온에 각각 유의하게 영향을 받았으나, 가식부의

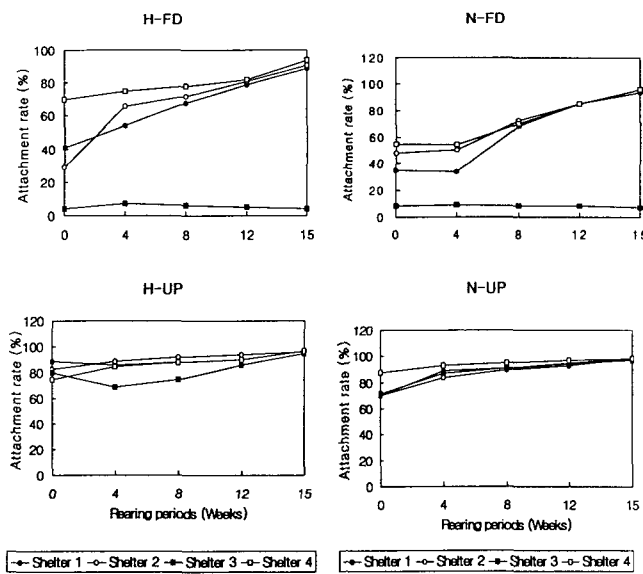


Fig. 2 Attachment rate to the shelter of abalone fed the formulated diet (FD) or *Undaria pinnatifida* (UP) at heated (H) or natural (N) sea water during rearing periods.

Table 2. Chemical composition (%) of the soft whole body of abalone fed the diets at different water temperature and shelter type for 15 weeks¹

Water tem.	Diets	Shelters	Moisture	Protein	Lipid	Ash
	Initial		81.0	10.4	0.84	3.4
Heated	Formulated diet	S-1	80.3 ± 0.27 ^{abc}	11.0 ± 0.35 ^{ns}	0.87 ± 0.070 ^{cde}	2.5 ± 0.10 ^a
		S-2	80.0 ± 0.64 ^{ab}	11.1 ± 0.65	0.86 ± 0.113 ^{bcd}	2.5 ± 0.14 ^a
		S-3	79.7 ± 0.70 ^{ab}	11.5 ± 0.65	0.97 ± 0.070 ^{de}	2.5 ± 0.14 ^a
		S-4	79.4 ± 0.13 ^a	11.5 ± 0.25	1.05 ± 0.155 ^e	2.5 ± 0.21 ^a
Natural	Undaria pinnatifida	S-1	80.9 ± 0.78 ^{bcd}	10.3 ± 0.84	0.92 ± 0.183 ^{cde}	3.2 ± 0.22 ^{bc}
		S-2	81.8 ± 0.70 ^{cde}	10.0 ± 0.32	0.69 ± 0.565 ^{abc}	3.2 ± 0.16 ^{bc}
		S-3	81.5 ± 0.62 ^{de}	10.3 ± 0.14	0.85 ± 0.141 ^{bcd}	3.2 ± 0.12 ^{bc}
		S-4	81.9 ± 0.12 ^{de}	11.9 ± 0.07	0.74 ± 0.424 ^{abc}	3.0 ± 0.49 ^b
Natural	Formulated diet	S-1	81.0 ± 0.50 ^{bcd}	11.7 ± 1.09	1.02 ± 0.353 ^e	2.6 ± 0.70 ^a
		S-2	81.1 ± 0.88 ^{bcd}	11.2 ± 2.04	0.96 ± 0.919 ^{de}	2.6 ± 0.07 ^a
		S-3	80.9 ± 0.56 ^{bcd}	11.1 ± 0.58	0.93 ± 0.106 ^{de}	2.6 ± 0.28 ^a
		S-4	81.5 ± 1.02 ^{cde}	11.8 ± 1.12	0.91 ± 0.989 ^{cde}	2.6 ± 0.35 ^a
	Undaria pinnatifida	S-1	82.3 ± 0.11 ^{de}	10.8 ± 0.13	0.59 ± 0.495 ^a	3.2 ± 0.63 ^{bc}
		S-2	82.6 ± 0.72 ^e	10.6 ± 0.19	0.64 ± 0.134 ^{ab}	3.0 ± 0.17 ^b
		S-3	82.3 ± 0.77 ^{de}	10.9 ± 0.53	0.63 ± 0.141 ^{ab}	3.1 ± 0.12 ^{bc}
		S-4	82.8 ± 0.33 ^e	10.9 ± 0.33	0.63 ± 0.636 ^{ab}	3.4 ± 0.41 ^c

¹Values (mean ± s.d. of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

^{ns}Not significant.

Table 3. Factorial ANOVA analysis for growth performance and body composition of abalone fed the formulated diet or *Undaria pinnatifida* under the different rearing environmental condition (four shelter types and two water temperatures) for 15 weeks

	Diet (D)	Water tem. (T)	Shelter (S)	Interaction			
				2-way			3-way
				D×T	D×S	T×S	
Final body wt.	P<0.001	P<0.001	NS	P<0.001	NS	NS	NS
Survival rate	P<0.001	P<0.05	P<0.02	P<0.01	NS	NS	NS
Weight gain	P<0.001	P<0.001	NS	P<0.001	NS	NS	NS
Moisture of SB ¹	P<0.001	P<0.001	NS	NS	NS	NS	NS
Protein of SB	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Lipid of SB	P<0.001	P<0.05	NS	P<0.02	NS	NS	NS
Ash of SB	P<0.001	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹SB : soft body.

²NS : not significant (P>0.05).

단백질 함량은 먹이종류, 수온 및 shelter에 영향을 받지 않았으며, 회분 함량은 먹이종류에만 영향을 받은 것으로 나타났다. 성장 및 가식부의 일반성분은 shelter 종류에는 영향을 받지 않았으나, 생존율은 shelter 종류에도 영향을 받은 것으로 나타났다. 그리고 성장효과는 먹이종류와 수온간에 상호작용이 인정되었으나, shelter와는 상호작용이 인정되지 않았다.

전복은 생태학적으로 낮에는 어두운 곳에서 은신하다가 밤이 되면 활동을 하는 야행성 (Uki, 1981b)이기 때문에 낮에는 전복이 숨을 수 있는 은신처 (shelter)를 만들어 주어야 한다. 전복 양식시 이러한 shelter는 단위 면적당 유효 부착면적 증대, 먹이효율 증진, 분산효과, 고른 성장 유도 등의 역할을 담당하므로 전복 양식에 있어서는 매우 중요한 시설 중 하나라고 할 수 있다 (Tong et al., 1992). 특히, 미역, 다시마와 같은 해조류가 전복양식의 주된 먹이로 이용되어 왔으나, 최근에 배합사료의 개발로 배합사료 이용이 점차 증가되는 추세를 감안한다면, 배합사료 공급에 알맞은 사육시설의

형태나 shelter의 개발이 필요할 것이다. 본 실험에서 배합사료 공급구들의 성장효과는 shelter의 종류에 영향을 받지 않은 것으로 나타나 배합사료 공급시에는 본 실험에서 사용된 shelter들 중 어느 것을 사용하여도 무리가 없을 것으로 전망된다. 그러나 본 실험에서는 내부 표면이 아주 매끄러운 plastic 수조를 사용하여 전복을 사육하였기 때문에 실험 전복이 쉽게 이동하고 부착할 수 있어 shelter의 영향을 덜 받았을 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 실제 전복 사육시에는 양식시설의 차이가 고려되어야 할 것이다. 즉, 사육수조 내부표면의 거칠기, 가두리이나 채롱식의 양식 시설의 차이에 따라 사용되어야 할 shelter를 잘 선정하여야 할 것이다.

대상 생물을 양식함에 있어 가장 중요하게 고려하여야 요인은 먹이와 환경 조건인데, 이 중에서 참전복 먹이 선정의 중요성에 관해서는 이미 여러 차례 언급된 바 있다 (Lee, 1988; Lee et al., 1998a,b,c). 환경조건 중에서도 수온은 생물의 성장에 직접적으로 관련된 중요한 요소이며, 대상 생물에 따라 적정 성장에 요구되는

수온범위가 다양하다. 한류계인 참전복은 우리 나라의 양식 대상으로 적합한 종이지만, 수온이 낮은 겨울철에는 성장률이 저하되기 때문에 양식 생산량 증대를 위해서는 월동기의 저수온을 적당히 높일 필요가 있다고 생각된다. 본 연구의 사육실험은 1월부터 시작하였으며, 자연수(시작 수온 9°C 전후)와 가온수(시작 수온 15°C 전후)를 설정하여 비교해본 결과, 증체율은 자연수보다 가온수를 주수하여 준 실험구에서 월등히 우수하였는데, 배합사료를 공급한 가온수 실험구가 자연수 실험구보다 53% 더 양호한 반면에, 미역을 공급한 가온수 실험구는 자연수 실험구보다 23%만 더 개선되는 결과를 보여 줌으로서, 수온과 먹이종류에 따른 상호작용(Table 3)이 확인되었다. 따라서 수온과 먹이를 동시에 개선하여 줌으로서 전복의 성장을 더 개선시키는 상승효과가 있을 것으로 기대된다. Table 3에 표시한 것처럼 본 실험의 조건에서는 shelter 형태보다는 먹이종류나 수온 조건이 성장이나 체성분에 영향을 미치는 주효과(main effect) 요인으로 나타나, 이러한 요인들을 잘 고려하여 전복 양식에 적용한다면, 특히 겨울철의 저수온기에는 수온을 적당히 높임과 동시에 배합사료로 사육하는 것이 성장을 개선시키고 생존율을 높일 수 있는 효율적인 양식경영이 될 것이다.

요 약

수온, 먹이 및 shelter가 참전복에 미치는 효과를 조사하기 위하여 먹이종류(배합사료, 미역)×shelter 형태(4종류)×사육수온(자연수, 가온수)×2반복으로 평균체중 142 mg인 참전복을 대상으로 15주간 사육 실험하였다. 생존율은 먹이종류와 사육수온에 따라 차이를 보여 자연수의 미역 공급구들이 대체로 낮은 경향을 보였다($P < 0.05$). 증체율은 동일 수온에서 shelter 종류에 관계없이 배합사료 공급구가 현저히 높았으며($P < 0.05$), 동일 먹이 공급구내에서는 가온수가 자연수보다 높았는데, 특히 배합사료 공급구에서 이러한 차이는 더 현저하였다($P < 0.05$). 실험 종료시 가식부의 수분 함량은 먹이와 수온에 따라서는 차이를 보였으나 shelter 종류에 따라서는 차이가 없었다. 단백질 함량은 실험구간에 유의한 차이가 없었으며($P > 0.05$), 지질 함량은 자연수에 배합사료 공급구가 미역 공급구보다 전반적으로 높은 경향을 보였다($P < 0.05$). 본 실험의 결과로부터 저수온기에 적당히 수온을 상승시킴과 동시에 해조류보다 배합사료를 공급하는 것이 사용 shelter 형태에 관계없이 참전복의 성장을 개선시키고 생존율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- Culley, M. and K. Sherman. 1985. The effect of substrate particle size on the production of mucus in *Haliotis tuberculata* L. and the importance of this in a culture system. *Aquaculture*, 47, 327~334.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1~42.
- Hamano, T., S. Hayashi, S. Matsuura and M. Amio. 1987. Experimental selection of attachment substrate by an abalone, *Nordotis discus* (Reeve). *Suisanzoshoku*, 3 (2), 99~106.
- Jeong, S.C., Y.J. 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.
- Kikuchi, S., Y. Sakurai, M. Sasaki and T. Ito. 1967. Food values of certain marine algae for the growth of the young abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 27, 93~100.
- Kikuchi, S. and N. Uki. 1974a. Technical study on artificial spawning of abalone, genus *Haliotis* I. Relation between water temperature and advancing sexual maturity of *Haliotis discus hannai* Ino. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 33, 69~78.
- Kikuchi, S. and N. Uki. 1974a. Technical study on artificial spawning of abalone, genus *Haliotis* V. Relation between water temperature and advancing sexual maturity of *Haliotis discus* Reeve. *Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.*, 34, 77~85.
- Kim, Y. and C. Cho. 1976. Technical study on the artificial precocious breeding of abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 9 (1), 61~68.
- Kim, J.W., S.M. Lee, S.J. Han, B.H. Kim and S.R. Park. 1998a. Effects of experimental diet, commercial diets and algae (*Undaria*) on growth and body composition among juvenile abalones (*Haliotis discus*, *Haliotis sieboldii* and *Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (4), 505~512.
- Kim, B.H., S.M. Lee, C.S. Go, J.W. Kim and J.I. Myeong. 1998b. Optimum stocking density of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) fed formulated diet or macroalgae (*Undaria*). *J. Korean Fish. Soc.*, 31 (6), 869~874.
- Lee, S.M., S.Y. Yun and S.B. Hur. 1998a. Evaluation of dietary protein sources for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (1), 19~29.
- Lee, S.M., Y.S. Lim, Y.B. Moon, S.K. Yoo and S. Rho. 1998b. Effects of supplemental macroalgae and spirulina in the diets on growth performance in juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (1), 31~38.
- Lee, S.M., S.J. Yun, K.S. Min and S.K. Yoo. 1998c. Evaluation of dietary carbohydrate sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (2), 133~140.
- Lee, S.M. and H.G. Park. 1998. Evaluation of dietary lipid sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (3), 381~390.
- Lee, S.M. 1998. Evaluation of economical feed formulations for abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquaculture*, 11 (2), 159~166.
- Mai, K., J.P. Mercer and J. Donlon. 1995. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. *Aquaculture*, 136, 165~180.
- Na, G.H. 1996. Annual variation of chlorophyll a and pheopigments of the benthic microalgae on the corrugated PVC sheets for abalone seedling. *J. Aquaculture*, 9 (1), 65~71.
- SPSS Inc. 1997. SPSS Base 7.5 for Window, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Pyen, C.K. 1970. Studies on the propagation of abalone. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 3 (3), 177~185.
- Tong, L.J., G.A. Moss, P. Redfearn and J. Illingworth. 1992. A manual of techniques for culturing paua, *Haliotis iris*, through to the early juvenile stage. N. Z. Fisheries Technical Report, 32, 5~21.

- Uki, N. 1981a. Food value of marine algae of order Lamiariales for growth of the abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 42, 19~29.
- Uki, N. 1981b. Feeding behavior of experimental populations of the abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 43, 53~58.
- Uki, N. and S. Kikuchi. 1982a. Influence of food levels on maturation and spawning of the abalone, *Haliotis discus hannai* related to effective accumulative temperature. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 45, 45~53.
- Uki, N. and S. Kikuchi. 1982b. Technical study on artificial spawning of abalone, genus *Haliotis* VIII. Characteristics of spawning behavior of *H. discus hannai* induced by ultraviolet irradiation stimulus. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 44, 83~90.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Development of semipurified test diets for abalone. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 1825~1833.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 1835~1839.
- Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas. 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. Aquaculture, 117, 149~156.
- Yamasaki, M. 1991. Food consumption of juvenile Haliotids in laboratory experiments. Nippon Suisan Gakkaishi, 57 (5), 865~867.

1998년 8월 10일 접수

1999년 4월 30일 수리