



## 서해안에서 사육시스템 종류별 참전복 치패의 성장 비교

문성용, 윤호섭, 서대철<sup>1</sup>, 최상덕\*

전남대학교 수산해양대학 양식생물학전공, <sup>1</sup>해양바이오산업연구원

### Growth Comparison of Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai* in Different Culture Systems in the West Coast of Korea

Seong Yong Moon, Ho Seop Yoon, Dae Chol Seo<sup>1</sup> and Sang Duk Choi\*

Aquaculture Program, Fisheries and Ocean Sciences, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea  
<sup>1</sup>Marine Bio Research Institute, Sinan 535-800, Korea

Comparisons of growth and survival rate in different culture systems for juvenile abalone were determined in the West Coast of South Korea from June, 2000 to April, 2001. Daily growth rate reached at the maximum by  $148.6 \pm 48.96 \mu\text{m}/\text{day}$  with a stagnant system and at the minimum by  $95.3 \pm 21.45 \mu\text{m}/\text{day}$  with a sprinkler culture system. Survival rate of the juvenile abalone was significantly higher than that in sprinkler culture with a rotary culture ( $P < 0.05$ ). The highest survival rate was 50.0% in the rotary culture and 38.3% was observed in the stagnant culture system. The results from this study indicate that effective survival and growth rate could be predicted in the rotary culture system.

**Keywords:** *Haliotis discus hannai*, Culture system, Growth, Survival

## 서 론

우리나라 연안역에 서식하고 있는 참전복(*Haliotis discus hannai*)은 해산 유용 무척추동물로서 1976년에 본격적으로 인공종묘생산이 실시되어 현재는 남해안을 중심으로 육상수조식과 해상가두리에서 많은 양식이 이루어지고 있으며, 연간 생산량 추이는 1990년 2톤에서 1998년 138톤, 2004년에는 1,260톤으로서 꾸준히 상승하고 있다(MOMAF, 2005).

참전복의 양식은 크게 종묘생산과 양성으로 구분되며 종묘생산은 구조류의 번식, 유생의 생태, 부착, 변태 및 관리 방법 등에 의해 좌우된다(Lee et al., 1999; Baek et al., 2003; Kang et al., 2004). 가장 크기가 적은 소형 치패일수록 사육에 있어서는 질병이나 환경에 대한 적응력이 매우 미약한 시기이기 때문에 중간 육성까지의 과정이 까다롭고 폐사율이 높게 나타나지만 이 시기에 참전복 치패의 사육에 있어서 효과적인 관리와 인위적인 환경조절 및 질병대책을 용이하게 하여 건강한 개체를 획득할 수 있고 산업적인 피해를 최소화 할 수 있는 사육시스템이 개발되어(Jeong et al., 1994; Lee et al., 1999; Son et al., 2003), 참전복 초기발생 중의 적절한 유생관리, 채묘 방법에 따른 채묘율 향상을 위하여 초기 부착치패의 먹이인 부착성 구조류에 대

한 연구(Suzuki et al., 1987; Baek et al., 2003; Gordon et al., 2006)와 초기 인공배합사료의 개발 등으로 인하여 계획적인 종묘 양산체제가 이루어지고 있다(Lee et al., 1997, 2001; Kim et al., 1998).

참전복 양식 방법은 1980년대 들어서 채룽에 의한 수하식 양식방법(Jee et al., 1988)이 개발되어 고밀도 사육과 생존율 향상이 가능하게 되었지만, 수하식 채룽양식의 경우 태풍이나 적조발생과 같은 자연재해 뿐 아니라, 해적생물 및 도난에 대한 위험성이 존재하기 때문에 1990년대 들어서 사육의 전 과정을 인위적으로 관리할 수 있는 육상수조식 양식방법(Jeong et al., 1994)이 개발되었다. 최근에는 전남 완도, 진도지역을 중심으로 하는 남해안 지역에서는 해상가두리 전복양식이, 제주도에서는 육상수조식 전복양식이 산업적으로 이루어지고 있지만, 참전복 종묘배양장의 경우 남해안에 약 80% 이상 편중되어 있는 현실을 감안해 볼 때, 서해안에서의 육상수조식 전복양식은 매우 미진한 실정이다. 이는 대부분 필로 구성된 퇴적환경의 특성 때문에 해수를 사육수로 전환하는 과정에서 펄이 다량 포함되어 치패의 호흡과 대사에 영향(Chung et al., 1993)을 미쳐 폐사를 일으킬 가능성이 높을 뿐 아니라, 파편에 부착하여 치패의 주 먹이생물인 부착성 구조류 배양이 어렵고 참전복의 성장 적정 수온의 유지 기간이 짧아서 생존 수온 범위에서 벗어나는 고수온기가 발생한다는 점이다.

\*Corresponding author: choisd@chonnam.ac.kr

이 연구는 서해안에서 퇴적환경의 특성과 사육환경을 고려하여 고안된 사육시스템 종류에 따른 참전복 치패의 성장 및 생존율을 구명하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 조건 별 사육 시설

실험에 이용된 사육시스템은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 가로 1 m, 세로 7 m, 높이 1.2 m (수심 1.0 m)로 저면적 7 m<sup>2</sup>의 콘크리트 사각형 수조로서 사육시스템 종류별로 수조 3개를 실험에 사용하였다. 부착규조류와 치패의 사육에 이용된 사육수는 펄과 같은 부유물질을 최대한 제거하기 위하여 1차 침전조를 거친 자연해수를 다시 모래여과기와 섬유여과기(50 µm)를 차례로 이용하여 여과된 해수를 공급하였으며, 사육시설은 살수식(Sprinkler culture) 실험구는 수조를 가로질러 50 mm PVC 파이프를 설치하고 3.5 mm구멍을 내어 배양수조 수면 위에서 파판으로 살수시켜 공급하였다. 회전식(Rotary culture) 실험구는 사육수조의 정 중앙에 양쪽에 약 50 cm의 간격을 두고 나머지 부분에 파판을 수직으로 세워 칸막이를 설치한 후 분리 수

용하였다. 사육수 순환율은 시간당 2회전으로 하고 새로운 유입수의 환수는 일간 25% 이하로 하였다. 정체식(Stagnant culture) 실험구는 유속을 가하지 않고 산소만 공급하여 사육하였으며, 사육수는 하루 동안에 유실된 수량만 보충하였다. 또한 사육수의 배수는 저층부 배수 방법으로 최대한 저층의 침전물을 제거하면서 사육실험을 실시하였다.

#### 수질 환경

수질 환경을 조사하기 수온과 염분은 CTD (ACLI182-PDK)를 이용하여 측정하였으며, 용존산소량은 DO meter (YSI-58)를 사용하여 2001년 6월 5일부터 8월 30일까지 주단위로 측정하였다.

#### 파판배양

부착규조의 배양을 위해서 사육수조에 설치된 투명 염화비닐 파판 (30 cm×25 cm)을 넣어 준 후에 산소공급과 해수의 순환을 위해 산소 공급장치를 설치하였으며, 여과불균하지 않은 자연해수를 사용해서 자연발생된 4종의 혼합규조(*Cocconeis* sp., *Navivula* sp., *Nitzschia* sp., *Amphora* sp.)를 f/2 배지와 함께 수온 17±1°C, 조도 5.000 lux에서 지수상태로 연속 배양관리 하였다.

#### 치패의 성장과 생존율

사육시스템 종류별 치패의 성장과 생존율을 조사하기 위해서 육안으로 관찰이 가능한 시기인 채묘 15일이 경과된 후에 파판에 규조류가 충분히 부착되었을 때 각장 크기가 평균 1.18±0.05 mm인 치패를 선별하여 투명 염화비닐 파판(30 cm × 25 cm) 1매당 150개체씩 수용하여 2001년 6월 5일부터 8월 24일까지 사육실험을 하였다. 치패의 성장도를 조사하기 위해 사육 조건에 따라서 수조 3곳을 임의로 선택하여 파판 3매에 부착된 치패를 30개체씩 무작위 추출하여 각장 크기를 주단위로 측정 한 후, Alcantara and Noro (2006)의 성장식을 이용하여 구하였다. 치패의 각장은 크기에 따라서 0.01 mm까지 측정이 가능한 만능투영기와 0.05 mm 수준까지 측정할 수 있는 Vernier caliper를 사용하여 측정하였으며, 생존율은 실험 종료 후에 폐사 개체를 확인하여 누적 폐사 개체수를 환산하여 실시하였다.

#### 통계분석

실험결과에 따른 통계처리는 SPSS program을 사용하여 분산분석(ANOVA test)를 이용하여 분석하였고, 실험구간의 유의차에 대한 다중검정은 Duncan (1955)의 방법에 의하여 실시하였다. 평균간의 유의성은 P<0.05 수준으로 하였다.

### 결과 및 고찰

서해안에서 참전복 치패의 성장과 생존율을 구명하기 위하여 사용한 사육조건에 따른 수질환경에 대한 연구결과는 Fig. 2와

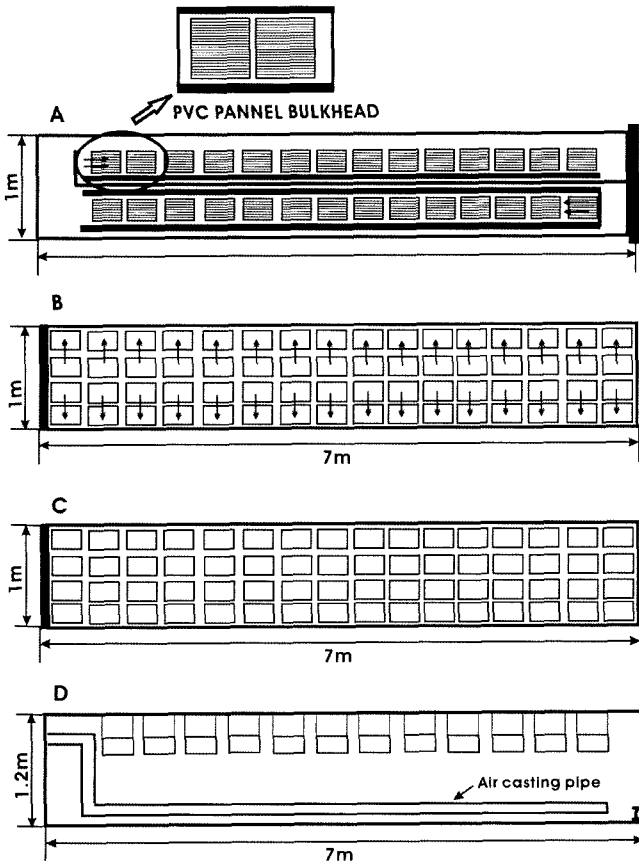


Fig. 1. Schematic diagram of experimental system for the culture of juvenile abalone *Haliotis discus hannai*. A: rotary system, B: sprinkler system, C: stagnant system, D: side of rearing tank. Arrows indicate the direction of water flow.

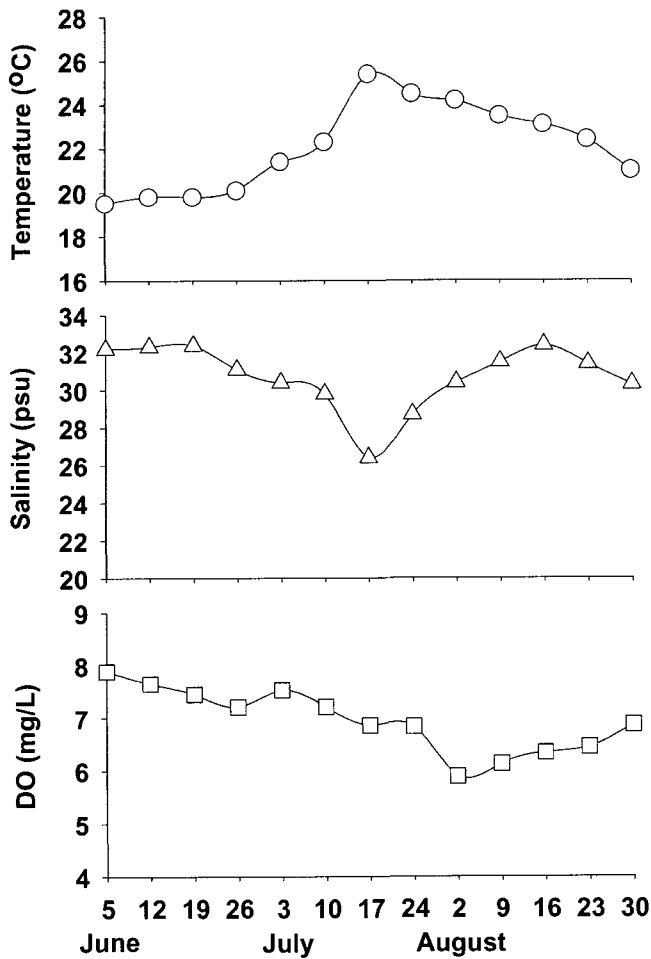


Fig. 2. Weekly variation of water temperature, salinity and DO in the tanks during culture period.

같다. 수온의 범위는 19.8~25.4 °C 범위였으며, 실험개시 42일 후인 7월 18일에 25.4로 가장 높게 나타났다. 염분은 26.4~32.4 psu 범위이었으며, 용존산소는 5.89~7.45 mg/L의 범위였다. 염분 변화에서는 실험 개시일부터 35일까지는 큰 변화를 보이지 않았으나, 42일에는 강우에 따른 육수의 영향으로 염분이 26.4 psu로 최저치를 나타냈다. 용존산소는 수온이 상승하면서 점차적으로 감소하는 경향을 보였으며, 고수온이 지속되었던 8월 2일에 5.89 mg/L로 가장 낮게 나타났다. 전복의 성장은 용존산소의 농도의 감소에 의해 억제되지만(Hahn, 1989; Fallu, 1991), 이 연구에서는 용존산소의 농도 범위는 치패의 사육에 영향을 미치지 않은 농도이었다(Aviles and Shepherd, 1996).

사육 조건에 따른 치패의 성장과 생존율을 연구한 결과를 살펴보면(Table 1), 참전복 치패의 일간성장률은 사육시스템에 따라 유의한 차이를 보였는데( $P < 0.05$ ), 살수식의 경우 95.3  $\mu\text{m}/\text{day}$ , 회전식 수조에서는 121.4  $\mu\text{m}/\text{day}$ , 정체식 조건에서는 148.6  $\mu\text{m}/\text{day}$ 로서 정체식 사육조건에서의 일간성장률이 가장 높게 나타났다. Jeong et al. (1994)은 사육시스템에 따른 치패의 일간성장률에

Table 1. The daily growth and survival rate of juvenile abalone with the different culture systems in during culture period<sup>1</sup>

Culture systems	Survival rate (%)	Daily growth in shell length ( $\mu\text{m} \pm \text{SD}$ )
Sprinkler system	18.4 <sup>a</sup>	95.3 $\pm$ 21.45 <sup>a</sup>
Rotary system	50.0 <sup>c</sup>	121.4 $\pm$ 35.24 <sup>b</sup>
Stagnant system	38.3 <sup>b</sup>	148.6 $\pm$ 48.69 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>Superscripts with different alphabets in same column are significantly different at the  $P < 0.05$ .

서는 육상수조식 사육에서 56.08  $\mu\text{m}/\text{day}$ 로 수하식 양식채롱의 43.8  $\mu\text{m}/\text{day}$ 보다 가장 크기가 큼에도 불구하고 비슷한 일간성장률을 보인다고 하였으며, 폐쇄순환여과식에서는 수온 20~22 °C 범위에서 일간 성장률과 일간 증중량이 증가한다고 하였다(박, 1994). 또한, 수온에 따른 치패의 성장에서는 수하식 양식채롱에서 수온이 21.7 °C에서 성장률이 가장 높으며, 이 시기의 일간성장률은 85.8~104.2  $\mu\text{m}/\text{day}$ 로서, 25.2 °C 때의 53.8~59.2  $\mu\text{m}/\text{day}$ 와 비교할 때 큰 차이가 없다고 하였다(Jee et al., 1988). 하지만, 수온 19.8~25.4 °C 범위에서 사육 실험한 이 연구결과와 일간 성장률은 살수식에서는 95.3  $\mu\text{m}/\text{day}$ , 회전식에서는 121.4  $\mu\text{m}/\text{day}$ , 정체식에서는 148.6  $\mu\text{m}/\text{day}$ 의 결과를 나타내어, 기존에 보고된 육상수조식과 수하식 양식채롱 보다 월등히 높게 나타났다. 이러한 결과는 실험에 사용된 치패의 크기가 평균 1.18 mm인 점을 감안할 때, 치패의 크기가 작을수록 성장도가 높게 나타난다(Jee et al., 1988; Lee et al., 2001)는 결과를 잘 설명해 주고 있다.

치패의 생존율은 사육기간이 30일이 지나면서 55.6~86.4%의 범위로서 사육시스템에 따라 유의한 차이를 보였으며( $P < 0.05$ ), 사육조건에 따른 생존율에서는 실험 종료 후에 수온이 22 °C 미만으로 낮아지면서 생존율이 살수식 실험구에서 18.4%로 낮게 나타났지만, 회전식 실험구와 정체식 실험구에서 각각 50.0%, 38.3%로 비교적 높은 생존율을 나타냈다. 이처럼 살수식 실험구의 낮은 생존율은 사육수의 주수 과정 중 일어날 수 있는 부착균조의 탈락현상과 함께 이 시기에 연구 해역에 7일 동안 내렸던 강우로 인한 육수의 유입으로 인한 사육수의 28 psu이하의 저염분화 현상과 수온이 25 °C로 유지되면서 고수온과 저염분화(Sakai, 1962; Uki, 1986)가 복합적으로 작용하여 치패의 성장 저하와 함께 폐사에 직접적인 영향과 사육수의 환수율 뿐 아니라, 치패의 먹이인 부착균조류의 배양이 잘 되지 않았을 가능성과 사육수 환경변화에서 오는 것이라고 판단된다(Marsden and Williams, 1996).

연구기간 동안 사육시스템 종류에 따른 참전복 치패의 가장 크기 변화를 살펴보면(Table 2), 사육 20일째에 살수식에서 1.54 mm ( $\pm 0.05$ )의 가장 크기를 보여 유의한 차이를 보이지 않았을 뿐 ( $P > 0.05$ ), 나머지 사육시스템에서는 유의한 차이를 나타냈다 ( $P < 0.05$ ). 사육 80일째에는 모든 사육시스템에서 치패의 성장

**Table 2.** Variation of shell length (mm) for juvenile abalone reared with different culture systems<sup>1</sup> (mean±SD)

Culture systems	Month				
	5, June (0 days)	25, June (20 days)	14, July (40 days)	4, Aug. (60 days)	24, Aug. (80 days)
Sprinkler system	1.18±0.013 <sup>a</sup>	1.54±0.024 <sup>a</sup>	2.25±0.048 <sup>a</sup>	6.08±0.322 <sup>a</sup>	8.82±0.587 <sup>a</sup>
Rotary system	1.19±0.016 <sup>a</sup>	3.22±0.190 <sup>b</sup>	7.16±0.224 <sup>c</sup>	10.83±0.417 <sup>c</sup>	13.08±1.455 <sup>b</sup>
Stagnant system	1.19±0.012 <sup>a</sup>	3.20±1.543 <sup>b</sup>	3.90±1.915 <sup>b</sup>	9.40±3.621 <sup>b</sup>	13.81±5.323 <sup>c</sup>

<sup>1</sup>Superscripts with different alphabets in same column are significantly different at the P<0.05.

의 차이를 나타냈으며(P<0.05), 살수식 실험구에서는 8.82 mm (±0.587), 회전식 실험구에서는 13.08 mm (±1.455), 정체식 실험구는 13.81 mm (±5.323)으로 성장하였다. 정체식 실험구에서 성장도가 가장 높지만 생존율이 낮은 점은 파판의 부착밀도가 낮아져 먹이의 양이 풍부한데 반하여 사육수가 정체되어 있어 치패의 대사과정 중 나타날 수 있는 암모니아 증가와 용존 산소 농도 감소가 발생하여 결과적으로 생존율을 저하시켜 치패의 성장에 기여한 것으로 판단되지만, 암모니아 질소에 대한 현장 조사가 이루어지지 않아 직접비교는 어려워 이에 대한 단계적인 연구가 선행되어야 할 것이다.

이상의 연구결과에서 서해안 퇴적환경 특성을 고려하여 제작된 3개의 사육시스템에서 치패의 성장과 생존율을 실험한 결과는 회전식 실험구가 두 실험구에 비해 일간성장률과 생존율이 높게 나타난다는 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 이번 연구에서 치패 종묘생산 시에 적정 일간 부착 구조류의 공급률과 경제적인 측면을 고려한 적정사육밀도, 암모니아와 용존산소 농도변화의 적정 범위에 대한 연구들이 이루어 지지 않았던 점은 아쉬운 부분으로 금후 서해안 치패 사육시 성장과 생존율 향상을 고려한 적정 부착구조류와 사육밀도에 대한 연구가 단계적으로 진행되어야 할 것이다.

**요 약**

서해안에서 사육시스템 종류에 따른 참전복 치패의 성장과 생존율을 구명하기 위해서 2001년 6월부터 8월까지 연구하였다. 참전복 치패의 일간 성장률은 정체식 수조에서 148.6±48.96 μm 로 가장 높게 나타났으며, 살수식 수조에서 95.3±21.45 μm로 가장 낮게 나타났다. 생존율은 살수식 수조보다 회전식 수조에서 높게 나타나 유의한 차이를 나타냈으며(P<0.05), 회전식 수조에서는 50.0%의 높은 생존율을 보인 반면, 정체식 수조에서 38.3%로 가장 낮았다. 본 연구결과는 회전식 수조에서 치패의 성장과 생존율이 가장 높게 나타났다.

**감사의 글**

이 논문을 세심하게 검토해 주신 익명의 세 분의 심사위원님과 현장조사와 실험 분석에 많은 도움을 준 전남대학교 양식 환경생태학 실험실원들에게 깊은 감사를 드립니다.

**참고문헌**

Alcantara, L. and T. Noro, 2006. Growth of the abalone *Haliotis diversicolor* (Reeve) fed with macroalgae in floating net cage and plastic tank. *Aquaculture Research*, 37, 708–717.

Aviles, J. G. G. and Shepherd, S. A., 1996. Growth and survival of the blue abalone *Haliotis fulgens* in barrels at Cedros Island, Baja California, with a review of abalone barrel culture. *Aquaculture*, 140, 169–176.

Baek, J. M., C. W. Kim, S. G. Lim and C. S. Park, 2003. Effect of benthic diatoms on the settlement rate of larvae and survival and growth of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 591–595.

Chung, E. Y., Y. K. Shin and J. H. Lee, 1993. Effects of Silt and Clay on Respiration and Mortality of the Abalone, *Nordotis discus*. *J. Kor. Malacol.*, 9, 23–29.

Duncan, D. B., 1955. Multiple rang and multiple F tests. *Biometrics*, 11, 1–42.

Fallu, R., 1991. Abalone Farming. Fishing News Books. Oxford, 195 pp.

Gordon, N., A. Neori, M. Shpigel, J. Lee and S. Harpaz, 2006. Effect of diatom diets on growth and survival of the abalone *Haliotis discus hannai* postlarvae. *Aquaculture*, 252, 225–233.

Hahn, K. O., 1989. Handbook of Culture of Abalone and Other Marine Gastropods. CRC Press, Boca Raton, FL, 348 pp.

Jeong, S. C., Y. J. Lee and P. W. Son, 1994. Indoor tank culture of the abalone *Haliotis discus hannai* II. Effects of diets on growth of young abalone. *J. Aquacult.*, 7, 77–87.

Jee, Y. J., S. K. Yoom, 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. Nat. Fish. Res. Agency*, 42, 59–69.

Kang, K. H., B. H. Kim and J. M. Kim, 2004. Induction of larval settlement and metamorphosis of the abalone, *Haliotis discus hannai* larvae using bromomethane and potassium chloride. *Aquaculture*, 230, 249–259.

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 or macroalgae (Undaria). *J. Kor. Fish. Soc.*, 31, 869–874.

Lee, S. M., G. A. Lee, I. G. Joen and S. K. Yoo, 1997. Effects of experimental formulated diets, commercial diet and natural diet on growth and body composition of abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. Aquacult.*, 10, 417–424.

Lee, S. M., C. S. Park and T. S. Go, 1999. Effects of formulated

- diet and macroalgae (*Undaria pinnatifida*) on growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*) cultured in different shelter type and water temperature. J. Kor. Fish. Soc., 32, 284-289.
- Lee, S. M., C. S. Park and D. S. Kim, 2001. Effects of dietary herbs on growth and body composition of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai*. J. Aquacult., 34, 570-575.
- Marsden, D. I. and P. M. J. Williams, 1996. Factors effecting the grazing rate of the New Zealand abalone *Haliotis iris* Martyn. J. Shellfish Reserch, 15, 401-406.
- MOMAF, 2005. 2005 Statistical Year Book of Maritime Affairs and Fisheries. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, 335 pp.
- 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, 766-799.
- Son, M. H., K. C. Cho, K. K. Kim and I. G. Jeon, 2003. Optimum stocking density of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* in recirculation culture system. J. Aquacult., 16, 257-261.
- Suzuki, H., T. Ioriya, T. Seki and Y. Aruga, 1987. Changing of community on the plastic plates used for rearing the abalone *Haliotis discus hannai*. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 2163-2167.
- Uki, N., 1986. Feeding behavior of experimental populations of the abalone, *Haliotis discus hannai*. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., 43, 53-29.
- 박무역, 1994. 폐쇄순환여과시스템에서 전복류 치패의 사육온도와 성장. 제주대학교 석사학위논문, 49 pp.

---

원고접수 : 2006년 6월 29일

수정본 수리 : 2006년 11월 6일