

# 해상가두리에서 북방전복 (*Haliotis discus hannai*) 의 사육 밀도, 가두리 청소 빈도 및 해조류 공급량이 성장과 생존에 미치는 영향

오영대, 한승진, 박종열, 임한규

국립목포대학교 해양수산자원학과

## Effect of stocking density, cleaning frequency and seaweed supply amount in sea cage on growth and survival of *Haliotis discus hannai*

Young Dae Oh, Seung Jin Han, Jung Yeol Park and Han Kyu Lim

Department of Marine & Fisheries Resources, Mokpo National University

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the growth and survival rate of *Haliotis discus hannai* in sea cages due to differences in stocking density, cleaning frequency and seaweed supply amount. In the process of abalone aquaculture, the experiment was carried out to measure the management efficiencies according to the culture densities (800, 1100, 2000 seeds per cage), diet supply amounts (1.3, 2.0, 3.0, and 6.0 kg/day/cage), and cage cleaning cycles (once and twice per month). The sea cage used in the experiment was 2.4 m × 2.4 m. At the end of the experiment, the weight growth of 2000 stocking density was significantly lower than that of the other experimental groups, but the survival rate was not significantly different among the experimental groups. The frequency of cage cleaning affected both the weight growth and survival rate of the abalone. Weight growth was the highest in the experiment cleaned once a month and survival rate was the lowest in the experiments that had never been cleaned. In the diet supply amount experiment, there was no difference in weight growth between the 2 kg/day and 6 kg/day experimental groups, but the survival rate of the 6 kg/day group was significantly lower.

**Key words:** abalone, density, cleaning frequency, seaweed supply, growth, survival, *Haliotis discus hannai*

### 서 론

전복류는 전 세계적으로 100여종 이상 분포하는 것으로 알려져 있다 (NFRDI, 2008). 국내에 서식하는 전복류로는 전복과 (*Haliotidae*), 전복속 (*Haliotis*) 에 속하는 북방전복 (*Haliotis discus hannai*), 둥근전복 (*H. discus discus*), 말

전복 (*H. gigantea*), 왕전복 (*H. madaka* Habe), 마대오분자기 (*Sulculus diversicolor diversicolor*), 오분자기 (*S. diversicolor supertexta*) 가 보고되어 있다 (An *et al.*, 2005; Lee *et al.*, 2014). 국내에서 주로 양식되는 북방전복과 둥근전복은 같은 종이지만 각각 한류성과 난류성의 다른 생태적 특성을 갖고 있다 (Park *et al.*, 2016).

국내 전복류의 양식과정은 육상의 배양장에서 이루어지는 종자생산단계를 거쳐 만들어진 치패를 대부분 해상가두리에 입식 하여 출하 시까지 가두리에서 사육하는 방법을 적용하고 있다 (Won *et al.*, 2014, Oh *et al.*, 2018). 1980년대까지는 전복 종자를 암반이 발달한 연안에 방류하여 일정 시간이 경과 후 자연상태에서 성장한 개체를 해녀나 잠수부가 채취하는 방법이 사용되었다. 그러나 양식기술이 발달하고 보다 안정적인 생산을 위하여 1990년 이후 육상 수조식 양식법이 개발되어 적용되었으나, 육상에서의 양식은 대량생산이 어려워 시장의

Received: October 28, 2019; Revised: December 23, 2019;  
Accepted: December 26, 2019

Corresponding author: Han Kyu Lim

Tel: +82 (61) 450-2395, e-mail: limhk@mokpo.ac.kr  
1225-3480/24748

This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

수요를 충족시키지 못하였다. 양식 전복의 생산량은 2000년대 초반 해상 가두리 양식기술의 보급으로 급증하였다 (Ock., 2013). 빠르게 증가한 전복 양식 생산량은 2018년 20,053 톤까지 증가하였고, 금액으로는 6,071억 원에 달하였다 (KOSIS, 2019). 그러나 단기간 동안의 급격한 전복 생산량 증가는 많은 문제점들을 유발하였다. 전복 양식 어민들이 제기하는 가장 큰 문제점은 양식 전복의 대량 폐사의 발생이며 그 원인을 밝히기 위하여 많은 연구들이 수행되어왔다. 양식 전복의 폐사를 유발하는 원인으로는 고밀도 사육 (Yoon *et al.*, 2004), 먹이의 과잉공급 (Kim *et al.* 2016), 부적절한 사육관리 (Moon *et al.*, 2006), 부유 토사물 (Lee *et al.*, 2008), 고 수온 (Min *et al.*, 2017), 폐각 천공성 다모류 감염 (Won *et al.*, 2013), 적조현상 등이 거론되어 왔다. 전문가들은 양식 중 발생하는 대량 폐사 문제를 해결하기 위해 적정 사육 밀도를 지키고 해조류 공급량을 줄이라고 권고하고 있다. 그러나 전복 양식 전문가들조차 적정 사육밀도 또는 적정 해조류 공급량을 명확하게 제시하지 못하고 있다. 전복의 사육 밀도 (Yoon, 2004; Kim *et al.*, 2014) 와 먹이 공급량 (Kim *et al.*, 2016) 에 관해서는 몇몇 단편적인 보고가 있지만 양식 현장에서 활용하기에는 정보가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 해상 가두리에서 전복을 양식할 때 적정 사육관리 방법을 밝히기 위하여 사육 밀도, 먹이 공급량 및 가두리 청소 빈도에 따른 전복의 성장과 생존을 장기간 조사하였다.

### 재료 및 방법

2018년 7월 28일부터 진도군 지산면 보전리 해안에 위치한 해상가두리에서 사육 실험을 시작하였다. 실험용 전복은 해상 가두리에서 사육 중인 각장 60 mm 전후의 2년생 전복을 선별하여 사용하였으며, 먹이로는 전복 가두리 인근해역에서 양식한 미역 (*Undaria pinnatufuda*) 과 다시마 (*Laminaria japonica*) 를 공급하였다. 해상가두리에서 사육하는 동안 사육 환경요인 중 수온, 염분, pH, 용존산소량 (dissolved oxygen,

DO) 을 계절에 따라 해양환경 조사장비 (YSI 5908, Xylem, USA) 를 이용하여 측정하였다 (Table 1). 실험에 사용된 해상 가두리의 규격은 실제 양식에 사용하는 가두리와 같은 크기인 2.4 m × 2.4 m × 5.0 m였고, 12절 그물코를 사용하였으며, 실험용 전복의 평균 크기는 각장 64.7 ± 0.7 mm, 중량 38.3 ± 2.2 g이었다.

해상 가두리에서의 적정 사육 밀도를 밝히기 위해 사육 밀도는 가두리 1칸 당 800, 1100, 2,000 마리였다. 먹이 공급량에 따른 전복의 성장과 생존을 조사하기 위해 각 가두리 별로 1.3, 2.0, 3.0, 6.0 kg · day<sup>-1</sup>만큼 공급하였다. 이들 먹이 공급량은 전복 생체량 대비 약 4.3, 6.5, 9.8, 19.6%였다. 가두리 청소 횟수에 따른 사육효과를 비교하기 위해 1회 · month<sup>-1</sup>, 0.5회 · month<sup>-1</sup>, 미청소 실험구를 설정하였다. 가두리 청소 방법은 크레인을 사용하여 가두리를 들어 올린 후 고압 세척기로 이물질을 제거하는 것으로 하였다. 모든 실험은 2반복으로 실시되었고, 전체 실험기간은 입식 후 435일 동안 진행되었다.

성장도는 각장과 중량의 측정과 함께 증중률 (Weight gain, WG) [WG (%) = (We - Wi) / Wi × 100, We: 최종중량, Wi: 최초중량] 을 계산하였고 생존율 (Survival rate, SR) [SR (%) = (A - M) / A × 100, A: 입식 마리 수, M: 폐사 개체 수] 은 실험 종료 후 생존한 개체 수를 계수하여 산정하였다.

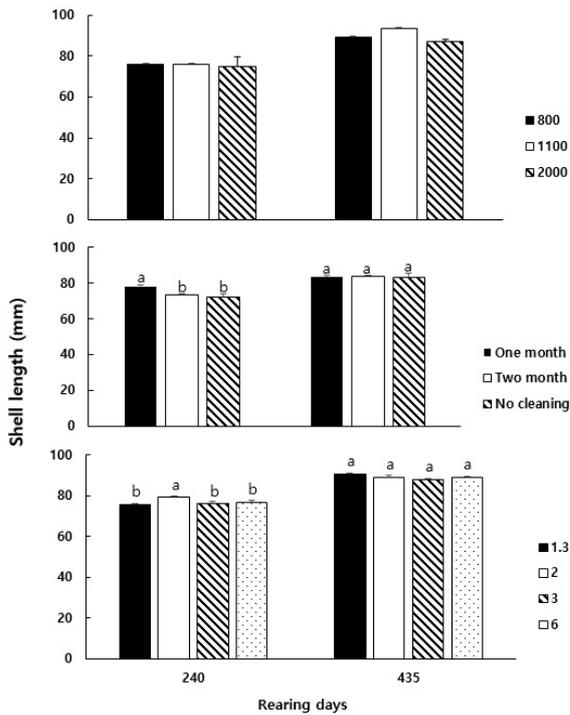
통계처리는 각 실험에서 얻어진 측정값들은 평균과 표준오차 (mean ± SE) 로 표시하였으며, 측정값들 사이의 유의차 유무는 SPSS-통계 프로그램 (version 23) 을 이용하여 one way ANOVA 및 Duncan multiple test로 검정하였다 (P < 0.05).

### 결 과

진도군 보전리 해역에 전복을 입식한 직후와 1일, 100일, 180일, 240일, 435일째 환경변화를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 수온은 2019년 1월에 6.2°C부터 2018년 7월의 27.8°C까지의 범위였고, 용존산소는 2018년 7월에 3.88 mg/L부터

**Table 1.** The environmental conditions of the experimental site in Jindo Province for rearing period

Factor	Date	1days (Jul. 2018)	100days (Nov. 2018)	180days (Jan. 2019)	240days (Mar. 2019)	435days (Oct. 2019)
Water temperature (°C)		23.66 ± 0.01	14.60 ± 0.01	8.20 ± 0.00	8.89 ± 0.00	20.51 ± 0.00
Salinity (psu)		32.35 ± 0.00	32.28 ± 0.01	32.47 ± 0.00	32.71 ± 0.00	30.11 ± 0.01
Dissolved oxygen (mg/L)		6.54 ± 0.17	6.91 ± 0.08	8.39 ± 0.02	9.38 ± 0.04	6.98 ± 0.03
pH		7.81 ± 0.02	7.81 ± 0.02	8.22 ± 0.07	8.32 ± 0.04	7.81 ± 0.01

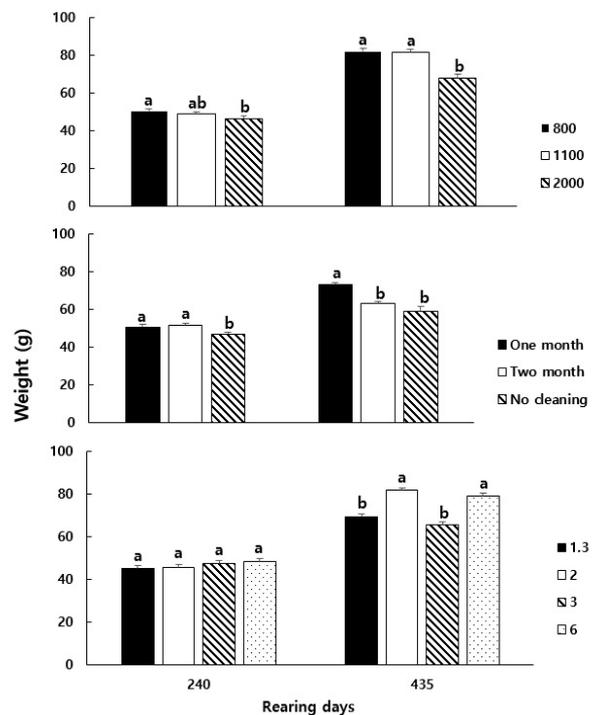


**Fig. 1.** Comparison of shell length of abalone reared at different densities, cleaning frequencies, feed amounts in sea cages. All values are expressed as mean  $\pm$  standard error, and different letters above the bars indicate significant difference ( $P < 0.05$ ).

2019년 3월의 9.75 mg/L까지의 범위였다.

각 실험별로 각장의 성장을 조사한 결과 240일차에는 1개월에 한번 청소하는 실험구와 매일 2 kg의 사료를 공급하는 실험구가 다른 실험구들보다 유의하게 높은 성장을 보였으나, 435일차에는 모든 실험구 사이에 유의적인 각장의 성장 차이가 없었다 ( $p > 0.05$ , Fig. 1). 전중의 성장은 Fig. 2와 같다. 밀도실험에서는 실험 종료 시 가두리 당 2000 개체를 수용한 실험구가 다른 실험구들보다 유의하게 낮은 성장을 보였고, 가두리 청소빈도 실험에서는 1개월에 한번 청소하는 실험구가 다른 실험구들보다 성장이 좋았다 ( $p < 0.05$ ). 먹이공급량에 따른 실험구들에서 240일차까지는 실험구들 사이에서 차이를 보이지 않았으나 435일차에는 2.0와 6.0 kg 공급 실험구에서 성장이 좋았다.

각 실험 종료 후 증중률 차이는 Fig. 3과 같다. 밀도 실험구들에서는 가장 밀도가 높았던 2,000 마리 입식 실험구가 가장 낮았고, 청소주기 실험에서는 청소 주기가 길어질수록 낮아져 청소를 하지 않은 실험구가 가장 낮은 값을 보였다. 먹이 공급량에 따른 실험은 증중률에서 유의적인 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ).

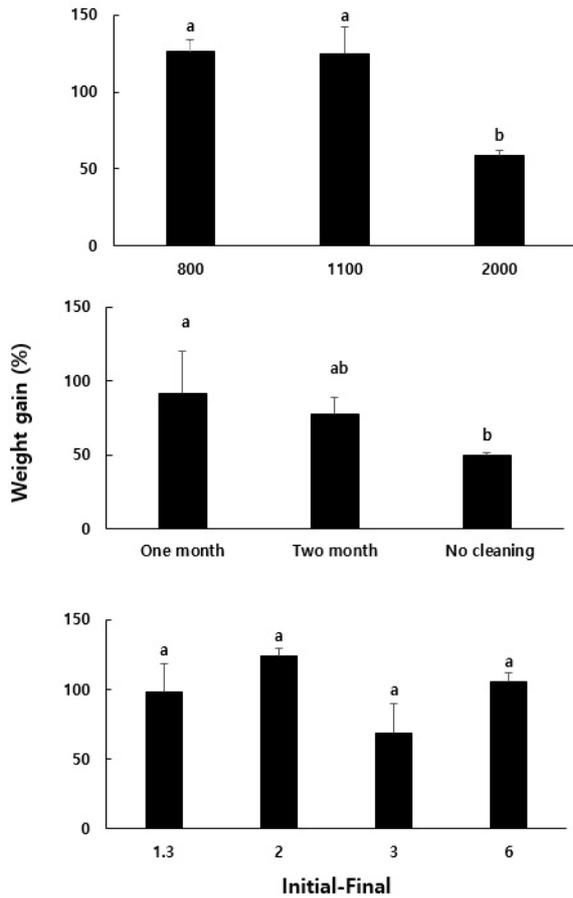


**Fig. 2.** Comparison of weight of abalone reared at different densities, cleaning frequencies, feed amounts in sea cages. All values are expressed as mean  $\pm$  standard error, and different letters above the bars indicate significant difference ( $P < 0.05$ ).

생존율의 경우, 240일차에 800 마리 밀도 실험구가 다른 실험구들보다 높았으나, 실험 종료 시점인 435일에는 유의적인 차이를 보이지 않았다 ( $p > 0.05$ ). 청소 주기에 따른 생존율은 240일차와 435일차 모두 청소를 하지 않은 실험구가 다른 실험구들보다 유의적으로 낮은 값을 보였다 ( $p < 0.05$ ). 먹이 공급량에 따른 생존율은 매일 2 kg 공급 실험구가 가장 높은 값을 보였고 6 kg 공급 실험구가 가장 낮은 값을 보였다 ( $p < 0.05$ , Fig. 4).

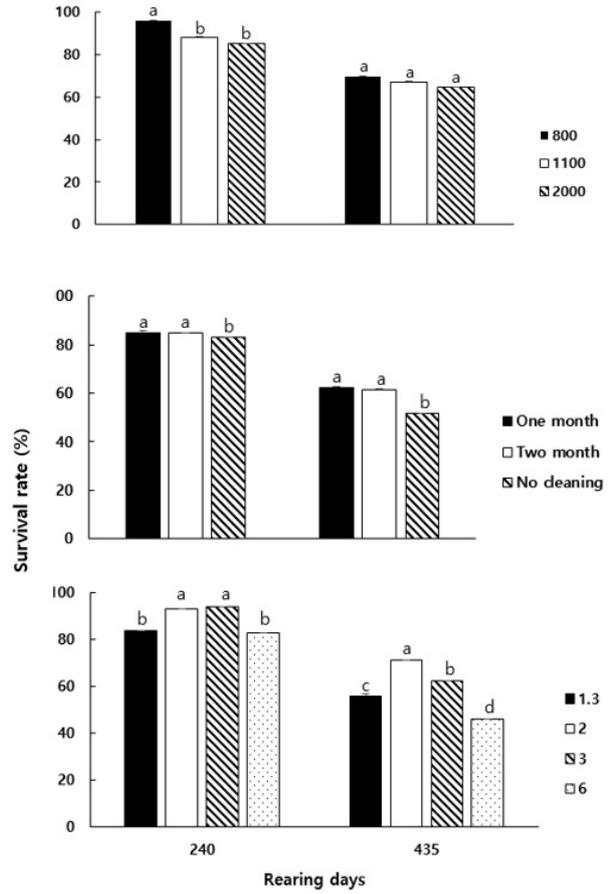
### 고찰

자연에서 생물은 수온, 염분, 용존산소 등과 같은 환경요인에 의하여 영향을 받으며, 지역적인 특성에 따라 지속적인 성장이 가능한 상태를 유지한다 (Shin *et al.*, 2012). Lloyd and Bates (2008) 은 전복의 사육환경은 성장과 밀접한 관계를 가진다고 하였다. 특히 전복 양식장에서 사육밀도는 성장과 생존을 결정하는 중요한 요인으로 인식되고 있다. 일반적으로 북방전복은 각장이 2배로 성장하면 체중은 8배 증가하고 산소 소비량도 5배 늘어난다 (국립수산과학원, 2008). 따라서 사육



**Fig. 3.** Comparison of weight gain of abalone reared at different densities, cleaning frequencies, feed amounts in sea cages. All values are expressed as mean ± standard error, and different letters above the bars indicate significant difference ( $P < 0.05$ ).

밀도는 먹이 섭취량 뿐만 아니라 산소소비량과도 밀접한 연관이 있기 때문에 성장과 생존에 많은 영향을 미친다. 국립수산물과학원에서 제시한 해상 가두리에서 전복의 표준 사육 밀도는 각장 (X) 과 사육 밀도 (Y) 의 상관관계를  $Y = 2803.1X^{-1.4641}$  ( $r^2 = 0.9687$ ) 식으로 나타내었다 (국립수산물과학원, 2008). 각장 6 cm인 전복은  $m^2$ 당 약 203 마리가 표준 수용 밀도인 것이다. 이것은 본 실험에서 가장 낮은 밀도인 800 마리 수용 실험구의 약 139 마리 보다는 많고 가장 높은 밀도인 2,000 마리 수용 실험구의 약 347 마리 보다는 낮은 수준이다. 본 연구도 다른 연구 결과들 (Yoon *et al.*, 2004, Kim *et al.*, 2013) 처럼 고밀도 실험구에서 무게 성장이 늦어졌다. 이것은 가두리라는 제한된 공간에서 먹이 탐색과 섭취가 이루어지기 때문에 고밀도에서는 전복 개체 간 공간 경쟁이 증가되고 이에 따른 성장의 격차가 생기게 되었다고 예상된다. 즉, 가두리 내 쉘터의 부착 공간에 대한 경쟁이 전복의 성장에 영향을 미쳤다고



**Fig. 4.** Comparison of survival rate of abalone reared at different densities, cleaning frequencies, feed amounts in sea cages. All values are expressed as mean ± standard error, and different letters above the bars indicate significant difference ( $P < 0.05$ ).

생각된다 (Wu *et al.*, 2009). 본 실험에서 밀도는 전복의 생존율에는 영향을 미치지 않아 기존의 연구와 다소 차이를 보였다. 이것은 비록 무게 성장에는 부정적인 영향을 미치는 고밀도 사육이라도 사육 환경이 좋으면 생존에는 영향을 미치지 않는다는 것을 나타낸다.

지금까지 해상 가두리의 청소 주기가 사육 중인 전복의 성장 및 생존에 미치는 영향을 알아본 연구는 거의 없었다. 실제 전복 양식 현장에서도 주기적으로 가두리를 청소하는 경우는 매우 드물다. 연구 결과 가두리의 청소 주기가 짧을수록 성장과 생존율이 높았는데, 이것은 청소를 통해 가두리 그물에 붙은 부착생물이 제거되어 조류 소통이 좋아졌고 더불어 용존산소의 공급이 원활했기 때문이라고 생각된다. 또한 장기간 가두리와 쉘터에 쌓인 펄과 같은 퇴적물이 제거되어 사육 환경이 개선된 것도 이유가 될 수 있을 것이다. 그러나 너무 빈번한 가두리 청소는 사육 중인 전복에게 스트레스를 유발하여 사육에 부

정적인 효과를 가져올 수도 있을 것이다. 본 연구에서 나타난 결과는 가두리 청소 주기가 전복의 성장과 생존에 많은 영향을 미치고 있음을 분명히 보여주고 있기 때문에 향후 이 부분에 대한 세부적인 관리방안이 마련 되어야 하겠다.

적정량의 먹이공급 또한 양식 전복의 최대 성장과 생존을 얻기 위해 중요한 요소 중 하나이다. 먹이의 부족은 영양 부족을 초래하여 전복의 최대 성장을 이끌 수 없을 것이고, 반대로 과잉 공급은 잔존 먹이의 부패로 사육 수질 오염을 증가시키고 경제적 부담도 가중시킬 것이다. 전복의 해조류 섭취량은 수온, 크기, 해조류 종류 등에 따라 다르기 때문에 적정량을 산정하기 매우 어렵다. Kim *et al.* (2016) 은 해조류 공급률을 전복 생체량의 5%로 산정하여 공급 공급하였을 때 가장 성장이 좋았다고 하였다. 이것은 본 연구의 실험구들 중 먹이를 6.5% ( $2 \text{ kg} \cdot \text{day}^{-1}$ ) 공급한 실험구와 비슷한 양으로 지금까지 전복 가두리양식장에서 공급하고 있는 먹이 양이 과다하게 책정되었음을 나타내고 있다. 효율적인 전복양식장 운영을 위해 사육에 적합한 질 좋은 먹이를 공급하여 최대 성장과 효율을 얻을 수 있도록 적정 먹이공급 기준을 결정하는 것은 생산성 향상을 위해 중요한 조건이다 (Ng *et al.*, 2000; Mihelakakis *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2012). 양식대상 종에 적합한 먹이 공급체계가 확립되어 있지 않다면 먹이 공급량이 불규칙하게 되고, 먹이의 과잉 공급은 사료의 허실을 초래하여 경제적 손실과 가두리 오염을 증가시킬 것이다. 반대로 사료 공급이 부족하게 되면, 성장 저하를 초래할 수 있다 (Tsevis *et al.*, 1992; Azzaydi *et al.*, 2000). 본 실험에서도  $2 \text{ kg} \cdot \text{day}^{-1}$  먹이공급 실험구가 성장과 생존에서 우수하였고 먹이를 충분히 공급한  $6 \text{ kg} \cdot \text{day}^{-1}$  공급 실험구는 생존율이 낮아졌다. 이것은 앞서 설명한 것처럼 과잉 공급된 먹이가 가두리 내 조류 소통을 방해하고 용존산소 공급이 방해 받아 가두리 내 수질이 악화되면서 사육 중인 전복에게 스트레스와 면역력 저하 등을 초래하였기 때문이라고 예상된다. Yoon *et al.* (2004) 도 먹이를 적게 공급한 실험구에서 전복의 성장이 좋았고 경제적으로도 효율이 높았다고 보고하였다.

이상의 결과들을 종합하면 가두리의 전복 사육 밀도는 낮을수록 성장이 좋았으나 생존에는 영향을 미치지 않았다. 가두리 청소 빈도는 성장을 위해서 한 달에 1회 이상 청소하는 것이 좋았으며, 청소를 하지 않으면 생존율이 낮아 졌다. 생존율과 경제적 측면을 함께 고려할 때 해조류 공급량은 하루에  $2 \text{ kg}$  를 공급하는 것이 좋았다.

## 요 약

본 연구는 해상가두리에서 양성중인 2년생 북방전복의 최적 사양관리 기준을 탐색하는 것이 목적으로 수용밀도, 먹이공급

량 그리고 청소 빈도의 차이에 의한 전복의 성장과 생존을 조사하기 위해 수행되었다. 실험에 사용한 가두리의 규격은  $2.4 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} \times 5.0 \text{ m}$  크기였고, 12절 그물코를 사용하였으며, 전복의 평균 크기는 각장  $64.7 \pm 0.7 \text{ mm}$ , 중량  $38.3 \pm 2.2 \text{ g}$  이었다. 사육 밀도는 가두리 1칸 당 800, 1,100, 2,000 마리였고, 먹이 공급량은 한 가두리 당 1.3, 2.0, 3.0,  $6.0 \text{ kg} \cdot \text{day}^{-1}$  을 공급하였다. 가두리 청소 횟수는  $1 \text{ 회} \cdot \text{month}^{-1}$ ,  $0.5 \text{ 회} \cdot \text{month}^{-1}$ , 미청소 실험구였다. 실험종료 시 사육 밀도의 경우 가장 밀도가 높았던 2,000 마리 실험구의 무게 성장이 다른 실험구들보다 유의하게 낮았지만, 생존율에서는 차이를 보이지 않았다. 가두리 청소 빈도는 전복의 성장과 생존에 모두 영향을 미쳤는데, 성장은 한 달에 1회 청소하는 실험구에서 가장 높았고 생존율은 한번도 청소를 하지 않은 실험구가 가장 낮았다. 먹이공급량 실험에서  $2 \text{ kg} \cdot \text{day}^{-1}$ 와  $6 \text{ kg} \cdot \text{day}^{-1}$  공급한 실험구들 사이에서 유의한 차이가 없었지만,  $6 \text{ kg} \cdot \text{day}^{-1}$  공급한 실험구의 생존율이 유의하게 낮아졌다.

## 사 사

이 논문은 농림축산식품부·해양수산부·농촌진흥청·산림청 Golden Seed Project (213008-05-3-SB710) 에 의해 이루어진 것입니다.

## REFERENCES

- An HS, Jee YJ, Min KS, Kim BL and Han SJ. (2005) Phylogenetic analysis of six species of pacific abalone (*Haliotidae*) based on DNA sequences of 16s rRNA and cytochrome c oxidase subunit I mitochondrial genes. *Mar. Biotechnol.*, **7**(4): 373-380.
- Faruq Ahmed, Yasuyuki Koike, Carlos Augusto Strussmann and Seiichi Watanabe. (2013) Effect of density on growth and feed consumption of the abalones *Haliotis discus discus*, *H. gigantea*, *H. madaka* and their hybrids. *Aquaculture Int.*, **21**: 969-986.
- Jeong SC, Jee YJ and Son PW. (1994) Indoor tank culture of the Abalone *Haliotis discus hannai* I. Effects of tank shape and stocking density on the growth of young abalone. *Korean journal of aquaculture*, **7**(1): 9-20.
- Kim BH, Lee SM, Go CS, Kim JW and Myeong JI. (1998) Optimum Stocking Density of Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*) Fed the Formulated Diet or Macroalgae (*Undaria*). *Korean journal of aquaculture*, **31**(6): 869-874.
- Kim KD, Kim KW, Bae KM, Son MH and An CM. (2012) Effects of Different Numbers of Feeding Days and Feeding Rate on Growth of Growing-out Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Korean journal of aquaculture*, **45**(5): 523-526.

- Kim BH, Park MW, Kim TI, Cho JK, Son MH and Myeong JI. (2013) A Study on the Optimum Stocking Density of the Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai* Net Cage Culture or Indoor Tank Culture. *Korean J. Malacology*, **29**(3): 189-195.
- Kim BH, Park MW, Kim TI, Son MH and Lee SW. (2014) The Growth and Survival Rate of Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai* at Different Intermediate Culture Type in Net Cage or Indoor Tank. *The Korean Journal of Malacology*, **30**(3): 235-242.
- Kim BH, Park MW, Son MH, Kim TI and Lee SW. (2014) A Study on the Optimum Stocking Density of Abalone, *Haliotis discus hannai*, reared in Net Cage Culture. *Korean J. Malacology*, **30**(3): 219-226.
- Kim BH, Park JJ, Son MH, Kim TI and Lee SW. (2016) The Effect of Growth and Survival Rate on Feeding Rate of 3-year-old Abalone, *Haliotis discus hannai* rearing in Net Cage Culture. *Korean J. Malacology*, **32**(2): 103-109.
- KOSIS (Korean statistical information service). (2019) <http://kosis.kr/search/sear ch.do>. Domestic aquaculture production.
- Lee KS. (2008) The Effects of Suspended Solids on the Mortality and the Glycogen Content of Abalone, *Haliotis discus hannai*. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*. 530-729.
- Lee SW, Kim BH, Kim TI, Son MH. (2015) Optimum Stocking Density of 3-year-old Pacific Abalone, *Haliotis discus hannai* Reared in Net Cage Culture. *The Korean Journal of Malacology*, **31**(2): 93-101.
- Lee SW, Kim BH, Park MW, Kim TI and Son MH. (2015) Growth Characteristics of Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai* by Reared Methods in order to High Density Intermediate Culture in Land-based Tank. *Korean J. Malacology*, **31**(2): 83-92.
- Moon SY, Yoon HS, Seo DC and Choi SD. (2006) Growth Comparison of Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai* in Different Culture Systems in the West Coast of Korea. *Korean journal of aquaculture*, **19**(4): 242-246.
- Michelle J. Lloyd, Amanda E. Bates. (2008) Influence of density-dependent food consumption, foraging and stacking behaviour on the growth rate of the Northern abalone, *Haliotis Kamtschakana*. *Aquaculture*, **277**: 24-29.
- Min EY, Kim SH, Lee JS and Kang JC. (2017) Effects on the antioxidant and immunological parameters in two species of the abalone, *Haliotis discus discus* and *Haliotis gigantea* during thermal stress. *The Korean Journal of Malacology*. **33**(2): 73-81.
- NFRDI (National institute of fisheries science). (2008) <http://m.nifs.go.kr/page?id=ind ex>. Standard manual of abalone culture.
- Nikolaos Tsevis, Spiros Klaoudatos and Alexis Conides (1992). Food conversion budget in sea bass, *Dicentrarchus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns. *Aquaculture*, **101**: 293-304.
- Osamu Ishida (1993) Comparison of Growth, Survival Rate and Biomass between *Nordotis discus* and *Nordotis sieboldii* with Different Shell Length by Feeding Experiment. *Stocks and fisheries of asari in Japan*, **55**: 47-52.
- Ock YS. (2013) The Research on the Development Procedure and Current Problems of the Korean Abalone Industry. *Journal of Fisheries Bus. Adm.*, **44**(3): 015-028.
- Oh YD, Sun SC, Lee KS, Lim HK. (2018) Growth and Survival of Hybrid between *Haliotis discus hannai* and *H. discus discus*. *The Korean Journal of Malacology*, **34**(1): 31-41.
- Park ME, Rho S and Song CB. (1995) Density Effect on the Growth of Juvenile Abalones (*Haliotis discus hannai*) Reared in the Closed Recirculating Water System. *Korean journal of aquaculture*, **19**: 93-102.
- Park CJ, Park JW, Kim BR, Jeong KH, Kim YJ, Son YS and Kim KK. (2016) Estimation of Genetic Parameter and Growth Traits by Sex of Pacific Abalone, *Haliotis discus hannai*. *Korean Journal of Malacology*, **32**(4): 249-254.
- Son MH, Cho KC, Kim KK and Jeo IG. (2003) Optimum stocking density of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* in recirculating culture system. *Korean journal of aquaculture*, **16**(4): 257-261.
- Shin YK, Lee WC, Kim DW, Son MH, Kim EO, Jun JC and Kim SH. (2012) Seasonal Changes in Physiology of the abalone *Haliotis discus hannai* reared from Nohwa Island on the South Coast of Korea. *The Korean Journal of Malacology*, **28**(2): 131-136.
- Won KM, Kim BH, Jin YG, Park YJ, Son MH, Cho MY, Park MA and Park MW. (2013) Infestation of the Abalone, *Haliotis discus hannai*, by the *Polydora* under Intensive Culture Conditions in Korea. *Journal of Fish Pathology*, **26**(3): 139-148.
- Won SH, Kim SK, Kim SC, Yang BK, Lim BS, Lee JH, Lim HK, Lee JS and Lee JS. (2014) The Morphological characteristics of four Korean Abalone species in *Nordotis*. *Korean Journal of Malacology*, **30**(1): 87-93.
- Yoon HS, Rha SJ, Cha YB, Cho JH, Kim KY and Choi SD. (2004) Growth and Survival Rate on Density of *Haliotis discus hannai* in Cage Culture. *Journal of Korea Fish Society*, **37**(4): 287-294.