

[단보, Short communication]

해상 가두리에 입식 하는 북방전복 (*Haliotis discus hannai*) 종자 크기가 성장에 미치는 영향

오영대, 장현석, 이윤호, 임한규

국립목포대학교 해양수산자원학과

Effects of the size of abalone (*Haliotis discus hannai*) seeds stocked on the sea cage on growth

Young Dae Oh, Hyun Seok Jang, Yoon Ho Lee and Han Kyu Lim

Department of Marine & Fisheries Resources, Mokpo National University, 585-54, Korea

ABSTRACT

Long-term growth and survival rates were investigated in stocking size of *Haliotis discus hannai* seeds in sea cages. This study was conducted at the abalone cage culture in Bogil-do, Wando-gun, Jeollanam-do. The cage used in the experiment was 2.4 m × 2.4 m, and *Undaria pinnatifida* and *Saccharina japonica* were supplied as diet. The size of sea cage stocking seeds was divided into groups A (3.2 to 3.6 cm), B (2.9 to 3.2 cm), C (2.6 to 2.9 cm), and D (less than 2.6 cm) based on each Shell length. During the experiment, the salinity and pH were maintained at constant values, and the water temperature and dissolved oxygen content showed seasonal changes, but they were suitable for rearing abalone. As a result of rearing for 722 days, the survival rate did not show a significant difference between the experimental groups except for group D, which was excluded from the experiment due to the large number of early mortality when the cage was stocked. The growth of seeds gradually narrowed as the rearing period lengthened after stocking at sea cages, and there was no significant difference between A, B, and C after 722 days. In conclusion, it was found that the stocking size of early seeds did not affect productivity during long-term rearing.

Key words: *Haliotis discus hannai*, Abalone, Stocking density, Growth, Seeds, Cage culture

서 론

국내 전복 양식 생산량은 2019년에 18,436 톤이었고, 생산 금액은 5,917억으로 지난 20년동안 급격하게 증가하였다 (KOSIS, 2020). 1990년대 말까지 주류를 이루었던 육상에서의 전복양식은 생산비용이 많이 투입되고 대량생산이 어려워 시장의 수요를 충족시키지 못하였다. 따라서 시장 수요를 맞추기 위해 2000년대 초반에 보급되기 시작한 전복의 가두리 양

식은 전복 양식생산량을 빠르게 증가시키는 기폭제가 되었다 (Ock., 2013).

해상 가두리를 통한 전복 양식 생산량의 급격한 증가는 전복 종자 생산 기술의 발전을 이끌었고 종자의 대량생산 체계를 확립하였다. 나아가 종자 배양장에서는 해상 가두리에서 요구하는 큰 종자를 생산하기 위해 2월부터 채란 할 수 있는 조기 성숙 산란 기술을 개발하였다. 또한 전복 종자의 성장 촉진을 위해 고단백 배합사료를 공급하고 있으며 (Cho *et al.*, 2006), 배합사료 공급이 해조류에 비해 우수한 성장을 보이고 있다 (Kim *et al.*, 2015). 이러한 전복 종자생산 기술의 발전에 힘입어 최근에는 봄철에 채란하여 그 해 11월에 각장 3 cm 이상 되는 종자를 생산하여 해상 가두리에 공급하고 있다. 그러나 가두리에 공급되는 전복 종자의 크기 증가는 종자 가격 상승을 유발하여 전복 양식 어가들의 경제적 부담을 가중시키고 있다.

전복에서 성장형질의 개량을 목적으로 많은 연구들이 수행되어 왔다. 유전적 다양성을 고려한 전복의 선발육종 (Park *et al.*, 2012), 불임을 목적으로 한 3배체 전복 생산 (Chang

Received: December 13, 2020; Revised: December 23, 2020;
Accepted: December 28, 2020

Corresponding author: Han Kyu Lim

Tel: +82 (61) 450-2395, e-mail: limhk@mokpo.ac.kr
1225-3480/24779

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.

and Jee, 2012), 교잡으로 인한 성장과 생존율 향상 (Oh *et al.*, 2018) 등과 같이 지금까지 대부분의 연구들은 빠른 성장에만 목표를 두고 전복의 육종을 진행해 왔었다. 이러한 노력의 결과 최근 10여년간 해상가두리에 입식 하는 전복 종자의 크기가 점점 커지고 있다. 그러나 해상가두리에서 장기간 양식하는 동안 초기 가두리에 입식 하는 종자의 크기가 전체적인 성장과 생산성에 긍정적인 영향을 미치는지는 검증되지 않았다. 즉 전복은 성장이 매우 느린 무척추동물인데 생활사 초기의 전복 성장이 어미가 되는 시점까지 얼마나 영향을 미치는지는 명확하지 않다. 더욱이 전복의 초기 성장이 전복 생활사 전체의 성장에 어떤 영향을 미치는지에 관한 명확한 정보가 없음에도 불구하고 해상가두리 양식업자들은 비싼 비용을 지불하고 큰 종자를 우선적으로 구입하여 가두리에 입식하고 있다.

따라서 본 연구는 종자 배양장에서 생산된 북방전복 (*Haliotis discus hannai*) 종자를 크기 별로 구분한 후 해상가두리에 입식 하여 장기간 그 성장도를 관찰하여 종자의 크기가 해상가두리 양식장의 생산성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험에 사용된 전복은 전라남도 완도군 고금면에 위치한 종자 생산 업체에서 구매한 북방전복을 사용하였고, 실험은 완도군 보길면에 위치한 양성용 해상가두리에서 진행하였다. 가두리는 규격화된 2.4 m × 2.4 m 크기에 36합 15절 그물을 사용하였다. 종자는 계측 후 선별하여 2016년 11월 20일 한 가두리에 1,200 마리씩 입식 하여 722일 동안 사육하면서 성장도와 생존율을 조사하였다. 전복의 먹이로는 해상가두리 인근 지역에서 양식한 미역과 다시마를 공급하였다. 해상가두리에서 사육하는 동안 환경요인을 확인하기 위해 수온, 염분, pH, 용존산소량을 해양환경 측정장비 (YSI 5908, Xylem, USA) 를 이용하여 주기적으로 측정하였다.

해상가두리에 전복 종자 입식 시 전복 종자 선별기계를 이용하여 종자를 크기 별로 선별하여 입식 하였다. 종자의 크기는 각장 기준으로 A (3.2-3.6 cm), B (2.9-3.2 cm), C (2.6-2.9 cm), D (2.6 cm 이하) 그룹으로 나누었으나, 각장 2.6 cm 이하 D 종자는 해상가두리에 입식 후 폐사율이 높아 실험구에서

제외시켰다. 선별된 종자는 각장 크기에 따라 구분하여 3반복으로 가두리에 입식 하였고, 100, 200, 500 및 722일째에 성장도와 생존율을 조사하였다. 성장은 각 가두리에서 30 마리씩 모두 270 마리를 무작위로 채취하여 vernier calipers를 이용하여 0.1 mm까지 각장을 측정하였으며, 중량은 전자저울을 이용하여 0.1 g까지 측정하였다. 생존율은 각 실험구별로 폐사된 개체의 패각을 수거하여 계수하였고 역으로 생존한 마리 수를 계산하여 산정하였다.

각 실험에서 얻어진 측정값들은 평균과 표준 오차 (mean ± S.E.) 로 표시하였으며, 평균치 간의 유의 차 사이의 유의 차 유무는 SPSS-통계 프로그램 (version 24)을 이용하여 One way ANOVA 및 Duncan multiple test로 검증하였다 (P < 0.05).

결과 및 고찰

완도군 보길도 해역에 설치한 가두리에서 722일 동안 수온, 염분, 용존산소량 및 pH 변화를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 수온은 전 실험기간 동안 9-28°C 범위로 계절 변화에 따라 일정한 주기를 가지고 상승과 하강을 반복하였다. 염분은 32-34 psu로 계절이나 장마 등의 영향을 받지 않고 일정하게 유지되고 있었다. 가두리 내의 용존산소량은 수온이 높았던 여름철에 7.56 mg/L⁻¹까지 낮아졌다가 수온 하강과 함께 상승하여 겨울철에는 11.13 mg/L⁻¹까지 높아졌다. pH는 7-8 사이의 일정한 값을 보였다 (Table. 1).

북방전복 종자의 입식 크기 별 생존율을 조사한 결과, 가두리 입식 시 초기 폐사가 많아 실험에서 제외한 D그룹을 제외하면 실험구들 사이에서 유의한 차이를 보이지 않았다 (Data not shown). D그룹의 생존율이 낮았던 것은 어린 종자일수록 실내 배양장에서 가두리로 이동하는 과정 중에서 겪게 되는 박리 작업, 공기노출 수송 및 해양 환경변화 등과 같은 스트레스에 취약하기 때문이라고 예측된다. 전복은 환경변화에 따라 이동할 수 있는 어류와는 달리 이동이 매우 제한적이기 때문에 급격한 환경변화 스트레스에 매우 치명적이다 (Park *et al.*, 2013). 실제 공기노출에 의한 폐사 발생 (Cho *et al.*, 2008) 과 박리제 사용 후 종자의 박리과정에서 발생하는 물리적 스트

Table 1. Environment factors for resulting days with different stocking densities in sea cages

Days	Factor	Water temperature (°C)	Salinity (psu)	Dissolved oxygen (mg/L)	pH
1		19.4	32.76	7.56	7.91
100		9.6	32.65	11.13	7.42
200		19.4	33.42	7.59	7.21
500		12.6	32.54	10.28	7.21
722		15.9	32.88	8.14	8.56

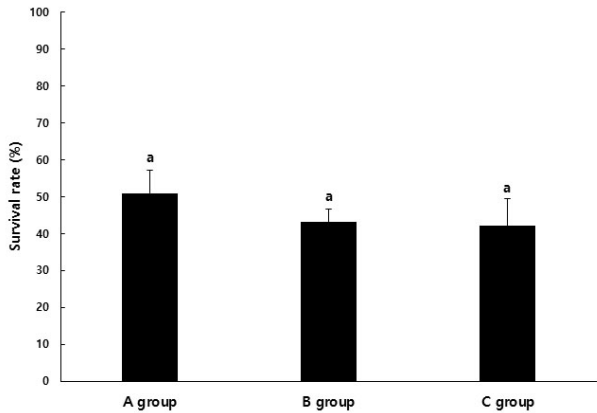


Fig. 1. Changes in the survival rate resulting from rearing by seed size in sea cages ($P > 0.05$).

레스로 인한 폐사 (Kim *et al.*, 2013) 에 관한 연구가 보고되어 있다. 따라서 종자 출하시기에 박리제 처리나 공기 노출 등과 같은 스트레스 요인을 최소화하기 위해서 전복 종자의 크기 별로 견딜 수 있는 스트레스 종류와 정도를 조사해야겠다. 본 실험에서 가두리 입식 종자의 생존율을 고려한다면 종자의 크기는 최소한 각장 2.6 cm 이상 되어야 한다고 생각한다. 전장의 성장은 Fig 2와 같다. 500일 이전까지는 종자 입식 시 전장의 크기가 가장 컸던 C그룹이 빠른 성장을 보였지만, 이후 B 그룹의 전장이 C그룹 전장에 비해 높은 성장을 보이기 시작했다. 722일 후 최종적으로 A그룹에서 각장 75.4 ± 0.7 mm로 가장 낮은 값을 보였으나, 가장 전장 성장이 빨랐던 B그룹 (77.4 ± 1.2 mm) 과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 중량의 성장은 실험 시작부터 200일까지 C그룹에서 가장 빨랐다. 500일째까지는 A, B, C그룹 사이에 유의적인 차이를 보였으나, 722일째에는 세 그룹 모두에서 유의적인 차이를 보이지 않았다 (Fig. 3).

전복의 성공적인 양식을 위해서는 종자 입식 크기, 밀도 및 선별과 같은 사양관리 방법이 적절하여야 하고 (Flemming and Hone, 1996), 그 중에서도 종자의 입식 크기는 양식 기간 동안 전복의 성장과 생존을 좌우하는 중요한 요인으로 보고되어 있다 (Wu *et al.* 2009). Kim *et al.* (2005) 은 수온, 염분, 용존산소, 수용밀도 등 물리적 스트레스와 일부 화학적 스트레스에 의해 사육환경이 변하게 되고 이에 따라 성장에 차이를 보이기 때문에 입식 크기에 따른 비례적 성장 패턴을 보일 수 없다고 하였다. 본 연구에서는 동일한 사육환경에서 전복을 사육하였기 때문에 Kim *et al.* (2005) 의 연구와는 실험 조건에서 차이가 있다. 본 연구에도 종자 입식 크기에 따른 비례적 성장 패턴을 보이지 않았는데 이것은 환경변화에 의한 것이 아니라 전복의 초기 성장은 전체 전복의 장기 생활사에서 차지하는 성장 효과가 적었기 때문이라고 생각된다. 전복의 성장은

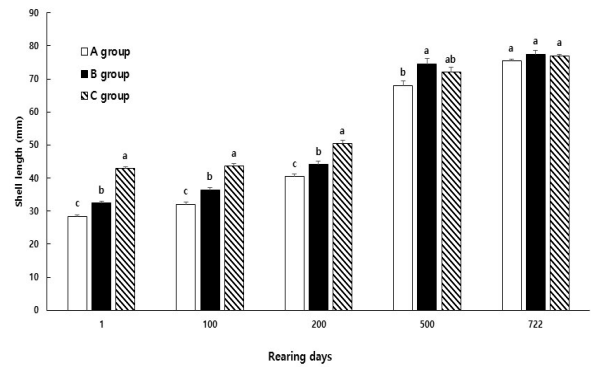


Fig. 2. Comparison of Shell length from different body size in 722 days ($P < 0.05$).

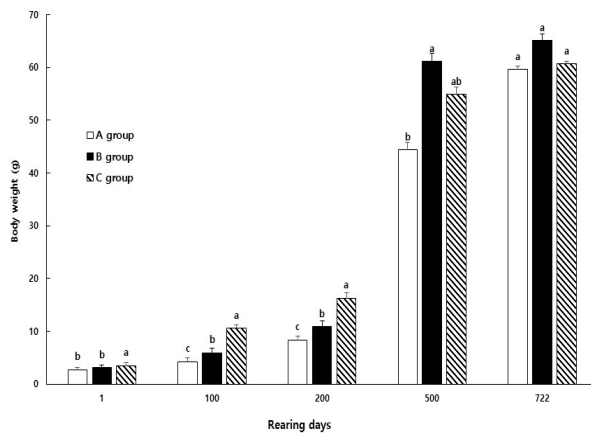


Fig. 3. Comparison of body weight from different body size in 722 days ($P < 0.05$).

다른 무척추동물과 달리 매우 느리지만 양식 기술의 발달로 인해 느린 성장의 한계를 극복해 나가고 있다. 전복 양식 현장에서는 사양관리 기술이 발달하여 전복의 성장 속도가 지속적으로 증가하고 있기 때문에 양식 어업인들은 막연히 가두리에 입식 하는 종자의 크기가 커야 성장도 빠르다고 믿고 있다. 그러나 전복의 성장은 초기의 종자 크기보다 수온, 염분, 용존산소, 밀도, 먹이의 공급량과 같은 다양한 사육조건에 더 영향을 받고 있다 (Yoon *et al.* 2004; Nan Chen *et al.* 2016). 따라서 경제성을 고려한다면 전복 해상가두리 양식 어업인들도 양식장 경영 전략에 따라 종자의 입식 크기를 달리해야 한다. 즉 가두리 입식 후 1년 사육 후 작은 크기로 출하하고자 하는 어업인들은 비싸지만 큰 종자를 입식 하여야 하고, 2년 이상 키워 큰 전복으로 판매하고자 하는 어업인들은 비싼 큰 종자를 입식할 필요가 없다. 결론적으로 가두리에 큰 종자만을 입식할 것이 아니라 종자의 가격, 목표로 하는 출하 크기 등을 고려하여 입식 종자의 크기를 결정하는 것이 바람직하겠겠다.

요 약

해상 가두리에서 북방전복 종자의 입식 크기에 장기간 성장과 생존율을 조사하였다. 실험은 전라남도 완도군 보길도 해역의 전복 가두리양식장에서 진행 되었다. 실험에 사용된 가두리는 2.4 m × 2.4 m를 사용하였고, 먹이로는 다시마와 미역을 공급하였다. 가두리 입식 종자의 크기는 각장 기준으로 A (3.2-3.6 cm), B (2.9-3.2 cm), C (2.6-2.9 cm), D (2.6 cm 이하) 그룹으로 나누었다.

실험 기간 동안 염분과 pH는 일정한 값이 유지되었으며 수온과 용존산소량은 계절적 변화를 보였으나, 전복의 사육에 적합한 수준들이었다. 722일간 사육한 결과 생존율은 가두리 입식 시 초기 폐사가 많아 실험에서 제외된 D그룹을 제외하면 실험구들 사이에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 종자의 성장은 해상 가두리에 입식 한 후 사육 기간이 길어지면서 초기의 크기 차이가 점차 좁혀져 722일 후에는 A, B, C 사이에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 결론적으로 장기간 사육 시 초기 종자의 입식 크기는 생산성에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

사 사

이 논문은 농림축산식품부 · 해양수산부 · 농촌진흥청 · 산림청 Golden Seed Project (213008-05-4-SB710) 에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Chang Y.J. and Jee Y.J. (2012) Cytogenetic analysis of the triploid pacific abalone, *Haliotis discus hannai*. *Journal of Malacology*, **28**(1): 37-43.
- Choi YE. (2017) A Bioeconomic Analysis of Abalone Cage Aquaculture .Unpublished Master's Thesis, Pukyong National University, Busan.
- Cho S.H., Park J.G., Kim C.I., Yoo J.H., Lee S.M. and Cheol C.Y. (2006) Effects of the various sources of dietary additives on growth, body composition and shell color of abalone *Haliotis discus hannai*. *Korean Aquaculture Society*, **19**(4): 275-280.
- Cho S.H., Kim C.N., Cho Y.J., Lee B.S., Park J.E., Yoo J.H. and Lee S.M. (2008) Effects of the Various Dietary Additives on Growth and Tolerance of Abalone *Haliotis discus hannai* against Stresses. *Korean Aquaculture society*, **21**(4): 309-316.
- Fucun Wu, Xiao Liu, Guofan Zhang and chunde Wang. (2009) Effects of the initial size, stocking density and sorting on the growth of juvenile Pacific abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *Aquaculture Research*, **40**: 1103-1110.
- Fucun Wu, Xiao Liu, Guofan Zhang and Chunde Wang. (2009) Pacific Abalone Farming in China: Recent Innovations and Challenges. *Aquaculture Research*, **40**: 1103-1110.
- Flemming A. & Hone P. (1996). Abalone aquaculture. *Aquaculture*, **140**: 1-4.
- Han S.J. (1998) 전복양식. pp. 9-14. 구덕출판사. 부산.石田修, (1993) クロアワビにの成長にほす飼す飼育密度の影響. *水産増殖*, **41**(4): 431-433.
- Kim T.H., Yang M.H., Choe M.K., Han S.J. and Yco I.K. (2005) Physiological Studies on Acute Water-temperature Stress of Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai*. *Korean Journal of aquaculture society*, **18**(1): 7-12.
- Kim W.S., Kang M.H., Lee S.W., Kim J., Hwang D.J. and Oh M.J. (2013). Exfoliation of abalone, *Haliotis discus hannai* by commercial exfoliating reagents. *Journal of Fish Pathology*. **26**(2): 117-121
- Kim B.H., Kim H.S. and Cho S.H. (2015) The Effects of Substituting Squid Meal and Macroalgae with Soybean Meal in a Commercial Diet on Growth and Body Composition of Juvenile Abalone *Haliotis discus hannai*. *Korean J. Fish Aquat. Sci.*, **48**(3): 329-336.
- Kim B.H., Park J.J., Son M.H., Kim T.I. and Lee S.W. (2016) The effect of growth and surgical rate on feeding rate of 3-year-old abalone, *Haliotis discus hannai* rearing in net cage culture. *Journal of Malacology*, **32**(2): 103-109.
- KOSIS. (2019) 어업생산동향조사.
- Nan Chen, Xuan Luo, Yuting Gu, Guodong Han, Yunwei Dong, Weiwei you and Caihuan Ke. (2016) Assessment of the thermal tolerance of abalone based on cariac performance in *Haliotis discus hannai*, *H. gigantea* and their interspecific hybrid. *Journal of aquaculture*. **465**: 258-264.
- National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI). (2008) Standard Manual of Abalone Culture. NFRDI, Busan, Korea.
- Naidoo, K., Maneveldt G, Ruck K. and Bolton J.J. (2006) A comparison of various seaweed-based diets and formulated feed on growth rate of abalone in a land-based aquaculture system. *Journal of Apply Phycology*, **18**: 437-443.
- Oh Y.D., Sun S.C., Lee K.S. and Lim H.K. (2018) Growth and survival of purebred and hybrid according to intraspecific hybridization between *Haliotis discus hannai* and *H. discus discus*. *Journal of Malacology*, **34**(1): 31-41.
- Ock YS. (2013) 전복 양식업의 발전과정과 당면과제 연구. *J. Fish. Bus. Adm.*, **44**(3): 015-028.
- Park C.J., Lee J.H., Noh J.K., Kim H.C., Park J.W., Hwang I.S. and Kim S.Y. (2012) Growth of pacific abalone, *Haliotis discus hannai*, using selection breeding techniques. *The Korean journal of Malacology*, **28**(4): 343-347.
- Park M.S., Kim S.H., Lim H.K., Min B.H., Chang Y.J. and Jeong M.H. (2013) Recovery Rate and

- Histological Changes in the Gills of Juvenile Abalone *Haliotis discus hannai* by Exposure Time of Different Water Temperatures and Salinities. *The Korean Journal of Malacology*, **29**(3): 225-232.
- Shin, Y.K., Lee, W.C., Kim, D.W., Son, M.H., Jun, J.C., Kim, E.O. and Kim, S.H. (2012) Seasonal changes in physiology of the abalone *Haliotis discus hannai* reared from Nohwa Island on the south coast of Korea. *Korean Journal of Malacology*, **28**: 131-136.
- Shin Y.R., Kim B.H., Choi H.S., Koo J.H., Park J.W., Lee D.C. and Park J.J. (2017). A case study of damage on net cage cultured abalone in Wando, Jeollanam-do by the combined effect. *Korean Journal of Malacology*, **33**(4): 329-336.
- Wu Fucun, Xiao Liu, Guofan Zhang and Chunde Wang (2009). Effects of the initial size, stocking density and sorting on the growth of juvenile Pacific abalone, *Haliotis discus hannai* Ino. *Aquaculture research*, **40**(10): 1103-1110.
- Yunus D. Mgaya and John P. Mercer (1995). The effects of size grading and stocking density on growth performance of juvenile abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus. *Aquaculture*, **136**: 297-312.
- Yoon H.S., Rha S.J., Cha Y.B., Cho J.H., Kim K.Y. and Choi S.D. (2004). Growth and survival rate on density of *Haliotis discus hannai* in cage culture. *The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science*, **37**(4): 287-294.

