

육상수조 중간양성 방식별 생사료 및 배합사료 공급이 북방전복, *Haliotis discus hannai* 치패의 성장과 체성분에 미치는 영향

김병학, 박민우, 김태익, 손맹현, 이시우

국립수산과학원 남서해수산연구소

The Effects of Fed Artificial Diet and Seaweed Diet on Growth and Body Composition of Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai* by Land-based Tank Immediate Culture Types

Byeong-Hak Kim, Min-Woo Park, Tae-Ik Kim, Maeng-Hyun Son and Si-Woo Lee

Southwest Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of intermediate culture types on the growth and survival rate of the juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* fed seaweed and artificial diet. Intermediate cultures were to determine there that was to fed seaweed (SW) of artificial diet (A) of floor culture (FC), net floor culture (NFC), double shelter culture (DSC) and indoor net cage culture (INCC) in land-based tank, in two replicate. In the growth performance of juvenile abalone reared through intermediate culture to fed SW of A, that the absolute growth rate (AGR_{SL} , AGR_{SB}), daily growth rate (DGR_{SL} , DGR_{SB}), and specific growth rate (SGR_{SL} , SGR_{SB}) to the shell length (SL) and shell breadth (SB) of experimental groups were not significant. As weight gain (WG), daily weight gain (DWG) and specific weight gain (SWG) to body weight through intermediate culture types in land-based tank was not significant. However, as to survival rate to experimental groups, A-FC was higher than those of different groups ($P < 0.05$). Therefore, these results is showed that was not difference to growth of juvenile abalone over 2 cm fed seaweed diet and artificial diet according to intermediate culture types. But floor culture with artificial diet indicate that was highest to survival rate, therefore, it is beneficial for higher productivity in floor culture with artificial diet among intermediate culture types.

Keywords: Abalone, *Haliotis discus hannai*, intermediate culture, seaweed diet, artificial diet, body composition, growth, survival rate

서 론

전복류는 전 세계적으로 100여종 이상이 분포하고 있으며, 높은 시장가격과 자연산 전복의 남획으로 인해 전복 생산의 중

요성이 부각되면서 전복양식에 대한 비중과 관심이 높아지고 있다 (Hooker and Morse, 1985; Viera *et al.*, 2011). 국내 전 연안에 서식하는 북방전복 (*Haliotis discus hannai*) 은 예로부터 식용으로 이어지면서 산업적으로 매우 중요한 고가의 기호식품으로, 국내에서 1970년대부터 인공종묘생산기술이 개발되어 1980년대부터 종묘생산기술을 보급함으로써 양식 산업이 본격적으로 시작되었으며 (한, 1998), 2014년도 국내 전복생산량은 8,980톤, 생산금액은 2,970억원에 이르고 있다 (KOSIS, 2015).

전복은 종묘생산을 단계를 지나 3 cm 이상 성장하면, 중간양성 단계를 거치게 되는데 주로 육상기반 수조와 해상가두리 방식으로 이루어지게 된다 (NFRDI, 2008). 육상기반 중간양성

Received: May 20, 2015; Revised: June 22, 2015;
Accepted: June 29, 2015

Corresponding author : Lee, Si-Woo

Tel: +82 (61) 690-8980 e-mail: ganrabbit09@gmail.com
1225-3480/24569

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.

육상수조 중간양성 방식별 생사료 및 배합사료 공급이 북방전복, *Haliotis discus hannai* 치패의 성장과 체성분에 미치는 영향

은 해상가두리 방식과 비교해 사육환경 등 인위적 조절이 가능하다는 장점이 있지만 해상가두리와 비교해 경제성이 낮아 2000년 이후부터는 해상가두리에서 중간양성부터 출하가능 크기까지 사육되고 있다 (Song and Kim, 2013). 그러나 최근 해상가두리에서 양성중인 전복의 폐사량이 점차 증가되고 있으며 이러한 원인으로 부유토사 (Lee, 2008), 유속감소 (Shon *et al.*, 2010), 폐각 천공성 다모류 감염 (Won *et al.*, 2013), 조류소통 (Cha *et al.*, 2014) 등 다양한 원인이 예상되고 있다. 이런 문제해결을 위해 생산현장에서는 양성단계의 피해를 해상가두리가 아닌 육상수조에서 사육 및 관리하는 중간양성단계 제도입이 주목받고 있다 (Kim *et al.*, 2013).

육상기반의 중간양성은 사육시설 및 장비 등의 시설 구입비와 전기요금 등의 사육관리비가 지속적으로 발생한다. 이러한 비용발생은 초기 시설비용 외에 추가비용이 거의 발생되지 않는 해상가두리 중간양성과 비교해 낮은 경제적 수익성을 가져올 수 있어 비용 절감이나 양성기간 단축 등의 방법을 개발하여 생산 비용을 최소화시킬 필요가 있다 (NFRDI, 2008; Shon *et al.*, 2003). 특히 해상가두리 중간육성과의 약 30% 이상의 일간성장을 차이는 (Kim *et al.*, 2013) 육상기반 중간양성에서 필수적으로 극복되어야 하며 성장차이를 극복할 수 있는 사육환경 조성 및 적합한 시설 개발이 요구되고 있다.

북방전복 치패의 육상기반 양성과 관련한 국내 연구로는 수조형태 및 사육밀도 (Jeong *et al.*, 1994a), 먹이별 사육효과 (Jeong *et al.*, 1994b), 순환여과시스템 내 사육온도와 성장효과 (Park *et al.*, 1995) 및 적정 사육밀도 (Park *et al.*, 1995; Shon *et al.*, 2003), 사육시스템 종류별 성장 비교 (Moon *et al.*, 2006) 등 실용적인 시스템개발과 사육조건 등을 중심으로 연구가 수행되었다. 또한 실제 육상수조에서 전복치패 중간양성 시 이루어지는 유수식 사육에 대한 연구는 주로 치패의 먹이형태별 공급 (Lee *et al.*, 1997; 1998; Kim *et al.*, 2013), 사육밀도 (Kim *et al.*, 1998) 에 대한 연구가 보고되어 있다. 따라서 본 연구에서는 육상기반 수조 내 양성 방식별로 배합사료와 생사료를 공급하여 육상 기반 양성 방식 방법 및 먹이에 대한 성장 및 생존율을 조사하여 육상 기반 수조에서의 전복치패 중간양성 시 생산성과 경제성 향상 유도하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 실험구 설정

실험은 2013년 6월부터 2014년 4월까지 10개월 (300일) 간 전남 완도군 완도읍에 위치한 조은수산 육상사육시설에서 실시하였다. 실험 전복치패는 2012년에 종묘생산 된 양성 1년 생 (각장 22.74-23.67 mm) 을 사용하였다. 실험 수조는 현장에 설치된 중간육성용 콘크리트 수조 (1.2 m × 12 m × 0.9

m) 를 사용하였으며, 실험구 설정은 일반적인 중간양성 방식인 바닥식 양성 (floor culture, FC), 배설물 및 사료 배출을 용이하게 만든 그물 바닥식 양성 (net floor culture, NFC), 사육면적 확장을 위한 이중 은신처 양성 (double shelter culture, DSC) 그리고 해상가두리와 유사환경 조성을 위한 실내 가두리 양성 (indoor net cage culture, INCC) 으로 설정하였다. 또한 각 양성방식별로 배합사료 (Artificial diet, AD) 와 해조류 (Seaweed diet, SW) 공급구를 설정하여 모두 총 8개의 실험구로 실시하였다. 은신처 (Shelter) 는 PC 재질 shelter (100 × 90 cm) 를 각 실험구별로 설치하였다. 먹이공급은 배합사료와 해조류 모두 총중량의 3%를 일간공급량으로 하여 사료 건중량 (dry weight) 기준으로 설정하여 공급하였으며, 해조류는 완도 내 전복양식순기에 따라 2013년 6월부터 9월까지 생다시미를 공급하였고 9월부터 2014년 4월 실험 종료 시까지 소량의 건다시마 및 염장미역을 공급하였다. 각 실험구는 2반복으로 실시하였으며, 각 수조 당 shelter 총 단면적의 20%를 수용밀도로 설정하여 전복치패 10,000마리를 입식하였다. 실험기간 중의 사육수온은 자연수온에 의존하였고 실내사육수조는 디지털 온도측정기를 설치한 후 매일 오전 10시에 확인하였다. 사육수는 유수식으로 공급하였으며, 환수량은 4회전/시간이었고, 각 수조마다 산소공급을 위해 에어레이션을 설치하였다.

2. 성장 및 생존율

성장조사는 실험시작 시 실험전복 30마리를 무작위로 체포하여 각장 (shell length), 각폭 (shell breadth), 체중 (body weight) 을 측정하였고, 매월 중순에 각 실험구 당 전복치패 30마리를 무작위로 체포하여 각장을 측정하고 월별 일간성장을 변화를 조사하였으며, 실험종료 시에는 각장, 각폭, 중량을 측정하였다. 측정된 각장과 각폭은 아래식에 따라 절대성장률 (absolute growth rate, ARG), 일간성장률 (daily growth rate, DGR), 순간성장률 (specific growth rate, SGR) 을 산출하였고, 각폭 역시 각장과 같은 방식으로 ARG, DGR, SGR 을 산출하였다.

$$\text{절대성장률 (ARG, \%)} = (L_e - L_i) / L_i \times 100$$

$$\text{또는 } (B_e - B_i) / B_i \times 100$$

$$\text{일간성장률 (DGR, \% / day)} = (L_e - L_i) / (T - t) \times 100$$

$$\text{또는 } (B_e - B_i) / (T - t) \times 100$$

$$\text{순간성장률 (SGR, \% / day)} = (\ln L_e - \ln L_i) / (T - t) \times 100$$

$$\text{또는 } (\ln B_e - \ln B_i) / (T - t) \times 100$$

또한 육상수조에서 측정된 중량은 증중률 (weight gain, WG), 일간증중률 (daily weight gain, DWG), 순간증중률

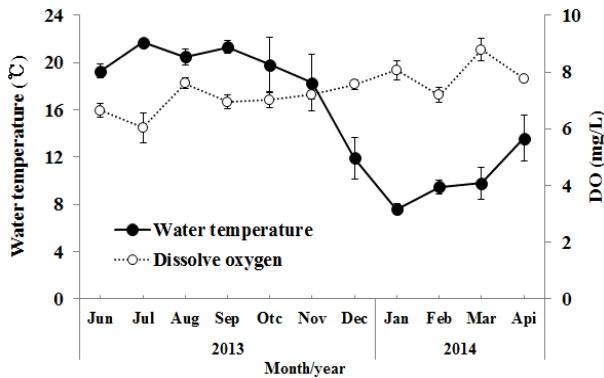


Fig. 1. Changes of water temperature and dissolved oxygen (DO) in land-based tank culture during experiment period.

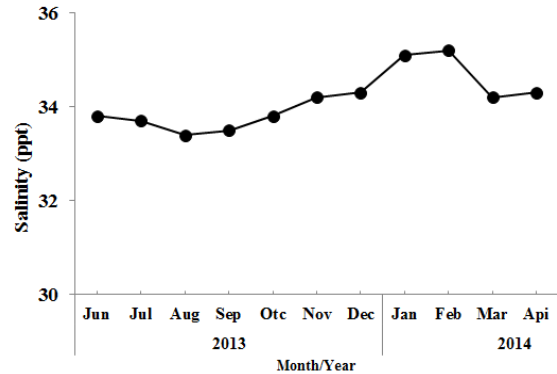


Fig. 2. Changes of salinity in land-based tank culture during experiment period.

(specific weight gain, SWG) 을 아래 식으로 산출하였다.

$$\begin{aligned} \text{증중률 (WG, \%)} &= (W_e - W_i) / W_i \times 100 \\ \text{일간증중률 (DWG, \%/day)} &= (W_e - W_i) / (T - t) \times 100 \\ \text{순간증중율 (SWG, \%/day)} &= (\ln W_e - \ln W_i) / (T - t) \times 100 \end{aligned}$$

여기서, L_e 과 L_i 는 각각 최종평균각장과 최초평균각장, B_e 와 B_i 는 각각 최종평균각폭과 최초평균각폭이며, W_e 와 W_i 는 각각 최종평균중량과 최초평균중량을 나타낸다. $(T - t)$ 는 사육일수를 나타낸다. 산출된 각장의 ARG, DGR, SGR은 각각 ARG_{SL} , DGR_{SL} , SGR_{SL} 로 표시하였고, 각폭은 ARG_{SB} , DGR_{SB} , SGR_{SB} 로 나타내었다. 또한 월별 생존율 (survival rate, SR) 은 아래 식을 이용해 산출하였다.

$$\text{생존율 (SR, \%)} = (N_i - N_e) / N_i \times 100$$

여기서, N_e 와 N_i 는 각각 최초생존마리수와 최종생존마리수를 나타내며, 매월 폐사개체 수를 파악하여 월별 생존율을 조사하였다.

각장과 각폭은 버니어 캘리퍼스를 이용하여 0.01 mm까지 측정하였고, 중량은 전자정밀저울 (MW-II, CAS Co., Yangju city, Gyeonggido, Koera) 이용하여 0.01 g까지 측정하였다.

3. 일반성분

공급되는 먹이의 영양조성에 따라 전복 치패의 체성분조성이 다르게 나타날 수 있어 (Kim *et al.*, 1998), 배합사료 공급 그룹 (artificial diet feeding group, ADG) 및 생사료 공급 그룹 (seaweed feeding group, SWG) 으로 구분하여 전복 육질부의 일반성분조성을 분석하였다. 즉 SWG와 ADG의 각

중간양성 실험구에서 전복치패 10마리씩을 무작위로 채포하여, 아이스 팩을 이용해 저온 (0°C) 을 유지하면서 경남 포항에 위치한 국립수산과학원 사료연구센터에서 분석하였다. 일반성분 분석은 AOAC (1997) 에 따라 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법 ($N \times 6.25$) 에 따라 분석하였고 조지방은 Soxhlet's 추출법으로 분석하였으며, 조회분은 550°C에서 직접회화법으로 분석하였다.

4. 통계처리

성장 및 생존율 결과는 2회 반복한 평균치로 나타내었으며, 성분분석 결과는 3회 반복한 평균치로 나타내었다. 성장 및 생존율 결과는 통계프로그램인 SPSS (Statistical Package for Social Sciences) PASW Base ver. 21 (IBM Co. Ltd., New York, USA) 를 이용하여 one way ANOVA를 실시하였으며, 사후검정은 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955) 로 평균 간의 유의성을 검정하였다. 또한 일반성분 결과는 동일한 프로그램을 이용해 t-test를 실시하였다.

결 과

1. 환경변화

사육기간 내 수온은 7.6-21.7°C이었으며 평균 수온은 16.13 ± 5.01 °C이었다. 최고수온은 2013년 9월이 21.3 ± 0.53 °C로 가장 높았고, 최저수온은 2014년 1월이 7.6 ± 0.43 °C로 가장 낮았다. 사육기간 내 DO범위는 6.03-8.79°C로 mg/L로 평균 DO는 7.35 ± 0.73 mg/L로 2014년 3월에 가장 높았고, 2013년 7월에 가장 낮게 나타났다 (Fig. 1). 염분 변화에서는 사육기간동안 33.4-35.2 ppt 범위로 평균 34.1 ± 0.59 ppt를 보였으며 2014년 1월과 2월에 35 ppt이상 높게 나타났다.

육상수조 중간양성 방식별 생사료 및 배합사료 공급이 북방전복, *Haliotis discus hannai* 치패의 성장과 체성분에 미치는 영향

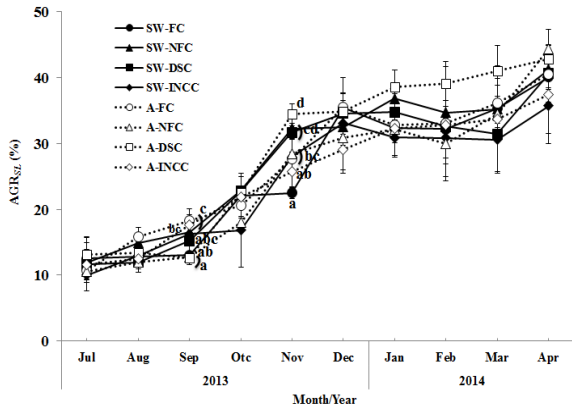


Fig. 3. Changes of absolute growth rate (AGR) for shell length (SL) of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* fed with sea weed and artificial diet in different intermediate culture types for 10 months. Different letters differ significantly ($P < 0.05$).

2. 성장변화

1) 월별 성장 변화

육상수조 내 중간양성 방법별로 생먹이와 배합사료를 공급하여 사육된 전복치패의 각장에 대한 월별 AGR_{SL} 의 변화에서는 2013년 9월에 A-FC가 A-INCC, SW-NFC를 제외한 모든 실험구보다 유의적으로 높았으며 ($P < 0.05$), 11월에는 A-DSC가 모든 실험구보다 유의적으로 높았으나 ($P < 0.05$), 2014년부터 종료 시까지 각 실험구당 유의적 차이는 없었다 (Fig. 3). 각장에 대한 월별 DGR_{SL} 의 변화에서는 8월과 9월에는 A-FC가 다른 실험구 보다 유의적으로 높았으며 ($P < 0.05$), 11월에는 A-DSC가 SW-NFC, SW-DSC를 제외한 다른 실험구보다 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 그러나 12월부터 실험종료 시 까지 각 실험구간 유의적 차이를 보이지 않았다 (Fig. 4).

월별증량변화에서는 2013년 10월부터 A-FC가 다른 실험구보다 유의적으로 높았으며 ($P < 0.05$), 11월에는 A-FC와 A-DSC가 SW-NFC, SW-INCC, A-NFC, A-INCC보다 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 11월에는 A-DSC가 SW-DSC를 제외한 다른 실험구보다 유의적으로 높았으며, 12월에도 같은 결과를 보였다 ($P < 0.05$). 그러나 2014년 1월부터 각 실험구간 유의적 차이는 보이지 않았다 (Fig. 5).

2) 성장특성

육상수조 내 중간양성 방법별로 해조류와 배합사료를 공급하여 사육된 전복치패의 FML에서는 A-NFC구가 가장 높은 값을 보였으며, 배합사료 (A) 구가 해조류 (SW) 구 보다 높은 값을 보였으나 각 실험구간 유의적 차이는 없었으며, AGR_{SL} , DGR_{SL} , SGR_{SL} 에서도 각 실험구간 유의적 차이는 보이지 않

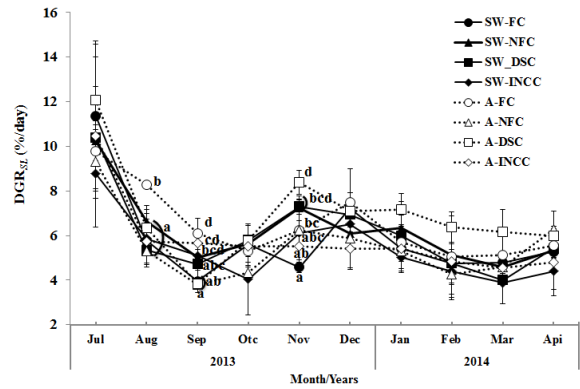


Fig. 4. Changes of daily growth rate (DGR) for shell length (SL) of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* fed with sea weed and artificial diet in different intermediate culture types for 10 months. Different letters differ significantly ($P < 0.05$).

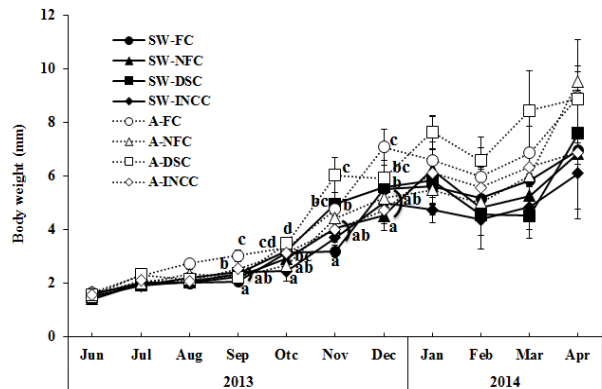


Fig. 5. Changes of body weight (g) of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* fed with sea weed and artificial diet in different intermediate culture types for 10 months. Different letters differ significantly ($P < 0.05$).

았다. 각속 성장특성에서도 FMB , AGR_{SB} , DGR_{SB} , SGR_{SB} 의 모든 실험구간의 유의적 차이는 없었으며 (Table 1), 증량 성장특성 에서도 FMW , WG , DWG , SWG 모두 유의적 차이를 보이지 않았다 (Table 2).

3. 월별 생존율 변화

육상수조 내 중간양성 방법별로 해조류와 배합사료를 공급하여 사육된 전복치패의 월별 생존율에서는 사육 1개월 후인 2013년 7월에 A-FC구와 SW-FC구가 90%이상의 생존율을 보였으며, A-FC구는 SW-INCC, A-INCC구보다 유의적으로 높았으며 ($P < 0.05$), 그 외 실험구들은 유의적인 차이가 없었다. 이후 10월까지 각 실험구별로 생존율은 유의적 차이가 없

Table 1. Growth performance with shell length and shell breadth of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* fed with sea weed and artificial diet in different intermediate culture types for 10 months

	SW-FC	SW-NFC	SW-DSC	SW-INCC	A-FC	A-NFC	A-DSC	A-INCC
IML ²	23.67 ± 0.11 ^b	22.74 ± 0.62 ^a	23.61 ± 0.06 ^b	23.61 ± 0.28 ^b	24.37 ± 0.47 ^b	23.56 ± 0.26 ^b	23.82 ± 0.31 ^b	23.69 ± 0.12 ^b
FML ³	39.49 ± 5.64 ^{ns}	38.71 ± 4.23	39.86 ± 4.69	36.79 ± 4.67	41.02 ± 1.64	42.36 ± 0.41	41.81 ± 3.27	38.13 ± 4.52
AGR _{SL} ⁴	40.06 ± 0.32 ^{ns}	41.23 ± 1.58	40.61 ± 4.39	35.70 ± 4.19	40.54 ± 2.38	44.39 ± 0.53	42.85 ± 4.47	37.44 ± 7.41
DGR _{SL} ⁵	5.27 ± 0.07 ^{ns}	5.32 ± 0.35	5.42 ± 0.98	4.40 ± 0.80	5.55 ± 0.55	6.27 ± 0.13	6.00 ± 1.09	4.82 ± 1.51
SGR _{SL} ⁶	2.62 ± 0.01 ^{ns}	2.61 ± 0.03	2.63 ± 0.07	2.55 ± 0.07	2.65 ± 0.04	2.69 ± 0.01	2.67 ± 0.08	2.58 ± 0.12
IMB ⁷	16.53 ± 0.24 ^{ns}	16.29 ± 1.73	16.63 ± 0.24	16.50 ± 0.21	16.60 ± 0.45	15.97 ± 0.05	16.50 ± 0.15	16.71 ± 0.008
FMB ⁸	26.61 ± 0.82 ^{ns}	26.59 ± 1.00	27.10 ± 2.04	25.05 ± 1.73	28.81 ± 1.00	29.69 ± 0.66	28.96 ± 1.97	26.51 ± 2.95
AGR _{SB}	60.98 ± 4.96 ^{ns}	63.23 ± 6.16	62.96 ± 12.25	51.79 ± 10.50	73.55 ± 6.05	85.91 ± 4.16	75.48 ± 11.96	58.62 ± 17.65
DGR _{SB}	3.36 ± 0.27 ^{ns}	3.43 ± 0.33	3.49 ± 0.68	2.85 ± 0.58	4.07 ± 0.33	4.57 ± 0.22	4.15 ± 0.66	3.27 ± 0.98
SGR _{SB}	2.35 ± 0.03 ^{ns}	2.35 ± 0.04	2.36 ± 0.08	2.29 ± 0.07	2.42 ± 0.03	2.47 ± 0.02	2.43 ± 0.07	2.34 ± 0.11

¹Values (mean ± S.D of two replications) with a different Superscripts within the same row are significantly different (P < 0.05). Ns is not significant.

²Initial mean shell length. Unit is mm

³Final mean shell length. Unit is mm

⁴Absolute growth rate (_{SL} and _{SB}). Unit is %

⁵Daily growth rate (_{SL} and _{SB}). Unit is %/day

⁶Specific growth rate (_{SL} and _{SB}). Unit is %/day

⁷Initial mean shell breadth. Unit is mm

⁸Final mean shell breadth. Unit is mm.

Table 2. Growth performance with body weight of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* fed with sea weed and artificial diet in different intermediate culture types for 10 months

	SW-FC	SW-NFC	SW-DSC	SW-INCC	A-FC	A-NFC	A-DSC	A-INCC
IMW ²	1.58 ± 0.02 ^{ns}	1.40 ± 0.06	1.52 ± 0.08	1.66 ± 0.10	1.64 ± 0.05	1.48 ± 0.08	1.56 ± 0.06	1.56 ± 0.17
FMW ³	6.97 ± 0.84 ^{ns}	6.83 ± 0.41	7.58 ± 1.40	6.11 ± 1.36	8.94 ± 1.16	9.53 ± 0.35	8.88 ± 2.20	6.88 ± 2.50
WG ⁴	340.82 ± 53.26 ^{ns}	387.86 ± 29.29	398.68 ± 92.11	267.77 ± 82.21	444.21 ± 71.14	544.26 ± 23.41	469.23 ± 141.42	341.35 ± 160.01
DWG ⁵	1.80 ± 0.28 ^{ns}	1.81 ± 0.14	2.02 ± 0.47	1.53 ± 0.45	2.44 ± 0.39	2.69 ± 0.12	2.44 ± 0.74	1.78 ± 0.83
SWG ⁶	1.78 ± 0.12 ^{ns}	1.81 ± 0.06	1.88 ± 0.19	1.63 ± 0.23	2.02 ± 0.13	2.12 ± 0.04	2.02 ± 0.25	1.75 ± 0.37

¹Values (mean ± S.D of two replications) with a different Superscripts within the same row are significantly different (P < 0.05). Ns is not significant.

²Initial mean body weight. Unit is g.

³Final mean body weight. Unit is g.

⁴Weight gain. Unit is %.

⁵Daily weight gain. Unit is %/day.

⁶Specific weight gain. Unit is %/day.

육상수조 중간양성 방식별 생사료 및 배합사료 공급이 북방전복, *Haliotis discus hannai* 치파의 성장과 체성분에 미치는 영향

었으며, 11월에는 A-FC구가 74%를 나타내면서 56-61%을 나타낸 다른 실험구보다 유의적으로 높게 나타났으며 ($P < 0.05$), 이후 실험 종료 시기인 2014년 4월까지 생존율의 큰 변화는 나타나지 않았다 (Fig. 6).

4. 먹이에 따른 일반성분 변화

육상수조 내 중간양성 방법별로 해조류와 배합사료를 공급하여 사육된 전복치패를 해조류 공급구 (SWG) 와 배합사료 공급구 (ADG) 로 구분하여 분석된 가식부에 대한 일반성분에서는 수분이 80%이상을 나타내었고, 단백질은 건중량을 기준으로 SWG와 ADG가 67%와 70%를 나타내었다. 조지방에서는 4%를 보였으며, 회분에서는 SWG와 AG가 각각 12%, 13%를 나타내었다. 그러나 SWG와 ADG의 일반성분에서는 유의적 차이가 보이질 않았다 (Table 3).

고찰

2013년도 6월부터 2014년 4월까지 10개월 동안 육상수조에서 사육된 전복치패는 사육기간 동안 평균수온이 16°C를 나타내었다. 수온은 전복 성장에 중요한 요인이며 단위 체중당 전복의 먹이섭식율은 수온이 높거나 또는 각장이 적을수록 높고, 반대로 수온이 낮거나 대형 크기일수록 낮아진다 (한, 1998). Sakai (1962) 는 전복은 수온에 따른 일간섭식률에 차이를 보여 성장에 영향을 주게 되며, 보통 7°C 이하에서는 전복 먹이 활동이 둔해지고 북방전복의 경우 성장 적수온은 20°C 전후로 보고하였다. 본 연구에서 나타난 평균 수온은 16°C로 성장 적수온과는 차이를 보이고 있지만, 2014년 7월부터 9월까지의 성장 적수온 범위를 나타내었으며, 최저 수온인 2014년 1월동안만 7°C를 나타내어 사육기간 동안 전복 사육에 적합한 수온 범위를 확인할 수 있었다. 수온은 전복의 산소 소비량과도 밀접한 관련이 있으며, 전복의 크기에 따라서도 달라지며 (Uki *et al.*, 1975; 유, 2003), 전복 수용 시의 용존 산소량은 최저 3 mg/L는 유지되어야한다 (유, 2003). 본 연구

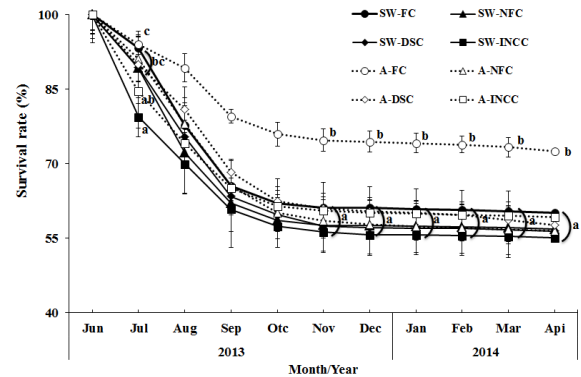


Fig. 6. Change of Survival rate (%) of juvenile *Haliotis discus hannai* fed with sea weed and artificial diet in different intermediate culture types for 10 months. Bar indicates standard deviation (n = 2). Bars with different letter differ significantly ($P < 0.05$).

에서는 10개월의 사육기간 동안 사육수 내 DO가 6-8 mg/L를 유지하였으며, 특히 높은 수온으로 DO 소비량이 높은 6-10월에도 6 mg/L를 유지하고 있는 것을 나타나 최저 DO 이상을 충분히 충족하였다. 염분에서도 14 ppt 이상에서는 전복 산소소비량에 영향을 주지 않아 (佐野馬庭, 1962), 33 ppt 이상을 유지하던 사육 기간 내에 DO와 염분의 환경조건에 대한 영향은 미비했던 것으로 확인되었다.

Yoon *et al.* (2004) 은 해상가두리에서 1년간 사육한 참전복 (*H. discus hannai*) 이 수온 18-22°C의 수온기간인 6월초에서 7월하순, 10월과 11월에 높은 일간성장율을 보고하였다. 본 연구에서는 수온이 상승되는 6월에서 8월은 배합사료구와 생사료구를 공급한 중간양성 방식 모두 큰 성장변화가 없었으나, 수온이 하강하는 9월부터 11월에는 절대성장율, 일간성장율, 어체중이 높아지면서 빠른 성장을 보여 후반기에는 Yoon *et al.* (2004) 과 유사한 결과를 보였다. 특히 이 시기에는 각 중간양식 방식별 성장 차이가 나타났다. 그 중 2013년 9월부터 12월까지 빠른 성장을 보이면서 배합사료를 공급하는 이중

Table 3. Proximate analysis of juvenile *Haliotis discus hannai* fed with sea weed feeding group (SWG) and artificial diet feeding group (ADG) in different intermediate culture types for 10 months (%)

	SWG	ADG
Moisture	80.05 ± 0.21 ^{ns}	80.15 ± 0.21
Crude protein (dry)	67.76 ± 1.07 ^{ns}	70.03 ± 3.56
Lipid (dry)	4.28 ± 1.07 ^{ns}	4.03 ± 0.71
Ash (dry)	12.85 ± 1.07 ^{ns}	13.10 ± 0.71

¹Values (mean ± S.D of two replications) with a different Superscripts within the same row are significantly different ($P < 0.05$). Ns is not significant.

은신처 방식 (A-DSC) 이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있으며, 이러한 경향은 해조류 이중은신처 (SW-DSC) 에서도 유사하게 나타나 전복이 육상에서 빠른 성장을 보이는 시기인 9-12월 사이에는 사육면적 확장을 위한 이중은신처 방식이 유리하게 작용될 수 있다. 이러한 결과는 이중은신처로 인한 전복 부착면적의 증가로 인한 밀도 감소 효과로 인해 성장이 유리하게 작용되었던 것으로 보이며, Kim *et al.* (1998) 이 사육밀도가 높아지면서 성장이 감소된다는 기존 보고와도 일치한다. 그러나 수온이 낮아지는 2014년 1월부터 각 실험구별 유의적 성장차이는 보이지 않고 있어 향후 육상수조 내 부착면적에 따라 시기별 성장 차이에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

전복은 부착기 유생을 부착구조 파판에 체묘하여 초기 구조류를 주 먹이로 사육하고, 빠른 성장을 위하여 배합사료를 함께 공급하여 6-8개월간 3 cm 이상 성장시킨 후 해상가두리 또는 육상수조에서 중간육성을 실시하게 된다 (한, 1998; 유, 2003). 육상 중간 양성을 위해서는 1년동안 공급할 양질의 먹이를 확보하는 것이 대단히 중요하며 천연먹이가 공급되기 어려운 여름철에 배합사료는 훌륭한 대체먹이로 활용될 수 있다 (유, 2003). 또한 배합사료를 공급한 전복류에서 천연먹이인 생미역과 건조미역을 공급한 실험구보다 성장효과와 생존율이 높게 나타나 (Lee *et al.*, 1997; Kim *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 2013) 적절한 배합사료 공급은 전복 양성 시 유리하게 작용될 수 있다. 그러나 본 연구에서는 각 바다식, 그물바다식, 이중셀터 그리고 가두리식 중간양성 방식에 각각 배합사료와 해조류를 10개월간 공급하여 사육하였을 때 성장과 관련하여 유의적 차이는 보이지 않아 기존 연구와 다른 결과를 나타내었다. 이러한 원인으로 전복 크기와 중간양성 방식 차이를 원인으로 지목할 수 있으나, 각 중간양성 방식 비교에서도 유의적 차이는 발생하지 않아 직접적인 원인으로 언급되긴 어렵다. 다만 배합사료 공급 구의 모든 중간양성 방식은 모든 성장 지표에서 해조류 공급구 보다 수치상으로는 상승효과는 확인할 수 있어, 장기간 사육 시 배합사료 공급구가 육상 수조 양성 시 높은 성장효과를 나타낼 가능성은 있다. 그러나 북방전복을 대상으로 다시마 및 배합사료 공급 시 다시마의 빠른 각장성장이 보고되었고 (Kim *et al.*, 2003), 호주 교잡전복 (*H. rubra* × *H. laevigata*) 의 육상 양성에서도 배합사료 공급구보다 해조류 공급구의 빠른 성장을 보고하고 있어 (Mulvanet *et al.*, 2013), 확인을 위해서는 추가적 장기사육이 필요할 것으로 생각된다. 그러나 성장지표와 다르게 생존율에서는 배합사료의 바다식 양성 (A-FC)에서 높은 생존율을 나타내었으며, 특히 저수온으로 진입하는 2013년 11월부터 실험 종료 시 까지 생존율은 일정수준을 유지하였고 이러한 결과는 사육방식에서는 일반 바다식 사육이 대량 전복 중간양성에 적합한 방식으로 이

야기 될 수 있다. 이러한 원인으로서는 일반 바다식에서의 배합사료 공급은 다른 사육방식과 다르게 바다에 고르게 분포되면서 먹이 접근성이 유리하게 적용되어 생존율이 높게 나타날 가능성이 있다. 즉 먹이접근성은 해조류 공급 시 먹이가 고르게 분포되지 못하고 질편 형태로 사육수조 내에 편중될 수 있어 고른 먹이 공급이 이루어지지 않거나, 배합사료를 공급한 그물바다식과 가두리식에서는 그물 밀도로 떨어지는 사료 허실이 발생하고 은신처 위로 떨어진 사료는 접근성이 좋은 개체 외에 쉽게 접근하지 못하는 개체는 폐사로 이어질 가능성이 있다. 물론 생존율에는 수질, 사육환경, 밀도 등 다양한 원인이 있으나 본 연구에서는 동일 사육 조건에서 A-FC만이 유의적으로 높게 나타나 이러한 가능성을 보여준다. 그러나 Kim *et al.*, (2013) 은 북방전복에 배합사료와 생사료 2종을 공급하여 중간 양성 시 생존율에 영향을 주지 않았다고 보고하였고, Kim *et al.*, (1998) 도 실험 배합사료, 관행사료 및 미역 공급 시에도 생존율에는 유의성이 없다고 보고하여 본 연구와 차이를 보였으며, 이러한 결과는 사육면적이 적거나 동일 조건의 사육수조에서 이루어져 본 연구와 차이가 발생할 수 있다.

배합사료와 해조류를 공급한 전복 치패에 대한 일반성분 분석에서는 수분, 단백질, 지질, 회분 모두에서 차이는 보이지 않았다. 다만 건중량 기준으로 배합사료 공급구의 단백질과 회분 함량이 수치상으로 조금 높게 나타났다. 이러한 결과는 미역과 배합사료를 공급한 전복류에서 수분, 단백질과 지방 함량에서 차이가 없으며, 미역 공급구에서 회분이 공통적으로 높게 나타났다 보고한 결과 (Kim *et al.*, 1998)와 유사하였다. 다만 회분에서는 차이가 발생되지 않았는데, 이러한 원인은 사육환경이나 배합사료의 성분차이에서 나타난 것으로 보인다.

따라서 본 연구에서 약 2 cm 이상의 전복치패 육상수조 내 다른 중간양성 방식에서 배합사료와 해조류를 각각 공급하여 사육하였을 때, 각장과 각폭, 중량에 대한 성장지표에서는 차이를 보이지 않았다. 그러나 배합사료를 공급한 이중 은신처 실험구에서 수치상으로 높은 값을 보여 육상 수조식에서 유효한 사육방식으로 가능성을 보였으나, 생존율에서 배합사료를 공급한 바다식 수조가 다른 실험구보다 높게 나타나, 이중 은신처와 바다식 사육 방식의 혼합 방식을 이용하거나 혹은 두 방식의 장점을 활용하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 그러나 전복은 성장과 생존율, 체성분은 사육환경과 조건과 관련하여 다양하고 복합적인 영향을 받는 만큼, 육상수조 중간양성을 위한 다양한 사육 환경과 먹이 조건, 그리고 장기간 사육을 통해 효율적인 중간양성 방법을 모색하여야 할 것이다.

요 약

본 연구는 전복 육상 중간양성 시 생산성과 경제성 향상을

육상수조 중간양성 방식별 생사료 및 배합사료 공급이 미치는 영향

유도하고자 육상 중간양성 방식별로 수용한 전복치폐에 배합 사료와 해조류를 공급하여 성장 및 생존율을 조사하였다. 실험 전복은 2012년에 종묘생산 된 양성 1년생 (각장 22.74-23.67 mm) 을 사용하여 해조류 (sea weed diet, SW) 와 배합사료 (artificial, A) 공급구에 각각 바닥식 (floor culture, FC), 그물 바닥식 (net floor culture, NFC), 이중 은신처 (double shelter culture, DSC) 그리고 육상 가두리 (indoor net cage culture, INCC) 로 총 8개의 중간양성 방식을 2반복으로 설정하여 10개월간 사육하였다. 월별 각장 절대성장률 (absolute growth rate of shell length, AGR_{SL}), 일간성장률 (daily growth rate of shell length), 중량 변화에서 9월부터 11월 까지를 제외하고 유의적 차이가 없었다. 육상수조 내 사육방법별 월별 중량변화는 유의적 차이가 없었다. 성장에서는 각장, 각폭, 체중에 대한 모든 성장지표에서 유의적 차이는 보이지 않았으나, 배합사료 공급구의 이중쉘터 방식이 높은 값을 보였다. 생존율은 A-FC가 70% 이상으로 55-60%인 다른 실험구보다 유의적으로 높았으며 ($P < 0.05$), 생사료와 배합사료 공급한 전복치폐 가식부의 일반성분은 차이가 없었다. 따라서 2 cm 이상의 전복치폐를 육상수조에서 서로 다른 중간양성 방식별로 사육 시 배합사료와 생사료 공급은 성장차이를 보이지 않으며, 배합사료를 공급한 바닥식 중간양성이 생존율이 높게 나타나, 육상 중간양성 시 바닥식 양성이 생산성 향상에 유리할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 (전복 가두리양식 생산성향상 및 표준화 연구 15-AQ-51) 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

AOAC (1997) Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. pp. 1298.

Cha, B.J., Choi Y.H., Yang Y.S., Park M.W., Kim B.H. and Pean Y.B. (2014) Analysis of Current Distribution around a Scaled-down Abalone System to determine the cause of mass mortality of abalone, *Haliotis discus hannai* (Ino, 1952). *Korean. J. Malacol.* **30**(1): 9-15. (in Korean)

Duncan, D.B. (1955) Multiple range and multiple F-tests. *Biometrics*, **11**: 1-42.

Hooker, N. and Morse D.E. (1985) Abalone: the emerging development of commercial cultivation in the United States. *In*: Huner J.V. and Brown E.E. (eds) Crustacean and mollusk aquaculture in the United States. AVI Publishing co., Westport.

Jeong, S.C., Jee, Y.J., and Son P.W. (1994a). Indoor

복방전복, *Haliotis discus hannai* 치폐의 성장과 체성분에

Tank Culture of the Abalone *Haliotis discus hannai*. I. Effects of tank shape and stocking density on the growth of young abalone. *J. of Aquacult.*, **7**(1): 9-20. (in Korean)

Jeong, S.C., Jee, Y.J., and Son. P.W. (1994b). Indoor Tank Culture of the Abalone *Haliotis discus hannai*. II. Effect of diets on the growth of young abalone. *J. of Aquacult.*, **7**(2): 77-87. (in Korean)

Kim, B.H., Lee, S.M., Go, C.S., Kim, J.W. and Myeong J.I. (1998) Optimum Stocking Density of Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*) Fed the Formulated Diet of Macroalgae (Undaria). *J. Korean Fish. Soc.*, **31**(6): 869-874. (in Korean)

Kim, S.Y., Park C.J., Nam. W.S., Kim J. M., Lee J.H., Noh J. K., Kim H.C., Park J.W. and Hwang I.J. (2013) Comparison of formulated feed and two seaweed-based diets on growth of Pacific abalone (*Haliotis discus hannai*).

Kim, J.W., Lee S.M. Han S.J. Kim B.H. and Park S.R. (1998) Effects of Experimental Diet, Commercial Diets and Algae (Undaria) on Growth and Body Composition Among Juvenile Abalones (*Haliotis discus*, *H. sieboldii* and *H. discus hannai*). *J. of Aquacult.*, **11**(4): 505-512. (in Korean)

Kim, C.W., Lim S.G., Kim K.S. Baek J.M. and Park C.S. (2003) Influence of Water Temperature on Growth and Body Composition of Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*) Fed an Artificial Formulated Diet and Macroalgae (*Laminaria japonica*). *J. Kor. Fish. Soc.*, **36**(6): 586-590.

KOSIS (2015) Korea National Statistical Office. KOSIS Statistical DB, Daejeon, Korea.

Lee, S.M., Lee G.A., Jeon I.G. and Yoo S.K. (1997) Effects of Experimental Formulated Diets, Commercial Diet and Natural Diet on Growth and Body Composition of Abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. of Aquacult.*, **10** (4): 417-424. (in Korean)

Lee, S.M., Lim Y.S., Moo Y.B., Yoo. S.K. and Rho S. (1998) Effects of Supplemental Macroalgae and Spirulina in the Diets on Growth Performance in Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*). *J. of Aquacult.*, **11**(1): 31-38. (in Korean)

Lee, K.S. (2008) The effects of suspended solids on the mortality and the glycogen content of abalone, *Haliotis discus hannai*. *J. of the Kor. Soc. of Mar. Environment & Safety*, **14**(3): 183-187. (in Korean)

Moon, S.Y., Yoon H.S., Seo D.C. and Choi S.D. (2006) Growth Comparison of Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai* in Different Culture System in the West Coast of Korea. *J. of Aquacult.*, **19**(4): 242-246. (in Korean)

Mulvaney, Y.J., Winberg., P.C. and Adams, L. (2013) Comparison of macroalgal (*Ulva* and *Grateloupia* spp.) and formulated terrestrial feed on the growth and condition of juvenile abalone. *Journal of Applied Phycology*, **25**: 815-824. (in Korean)

National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI) (2008) Standard Manual of Abalone Culture. NFRDI, Busan, Korea.

- Park, M.E., Rho, S. and Song C.B. (1995) Density Effect on the Growth of Juvenile Abalones (*Haliotis discus hannai*) Reared in the Closed Recirculating Water System. *Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ.*, **19**: 93-102. (in Korean)
- Sakai, S. (1962) Ecological studies on the abalone, *Haliotis discus hannai* Ino - I. Experimental studies on the food habit. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, **28**: 766-779. (in Japanese)
- Shon, M.H., Cho K.C., Kim K.K. and Jeon I.G. (2003) Optimum stocking density of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* in recirculating culture system. *J. of Aquacult.*, **16**(4): 257-261.(in Korean)
- Shon, M.H., Park M.W., Kim K.W., Kim K.D. and Kim S.K. (2010) Status of the abalone (*Haliotis discus hannai*) aquaculture for optimal rearing technique in marine net cage. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, **22**(3): 362-373. (in Korean)
- Song, S.H. and Kim H.S. (2013) A Comparative Analysis on Business Performances of Abalone Sea-Cage Aquaculture in Wando Region. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, **25**(2): 410-418.
- Viera, M.P., Courtois de Vicose G., Gómez-Pinchetti J.L. and Bilbao A. (2011) Comparative performances of juvenile abalone (*Haliotis tuberculata coccinea* Reeve) fed enriched vs non-enriched macroalgae: Effect on growth and body composition. *Aquaculture*, **319**: 423-429.
- Won K.M., Kim B.H., Jin Y.G., Park Y.J., Son M.H., Cho M.Y., Park M.A. and Park M.W. (2013) Infestation of the abalone, *Haliotis discus hannai*, by the Polydora under intensive culture conditions in Korea. *Journal of fish pathol.*, **26**(3): 139-148
- 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. *Journal of Korean Fisheries Society*, **37**(4): 287-294.(in Korean)
- 한석중, (1998) 전복양식. pp. 9-14. 구덕출판사, 부산.
- 옥영수, (2010) 수산정책연구, 전복양식업의 현안문제와 정책방향. pp. 13-36. 한국해양수산개발원, 서울.
- 유성규, (2003) 천해양식. pp. 287-349. 구덕출판사, 부산.
- 佐野 孝馬庭玲子, (1962) エゾアワビに及ぼす環境條件について. 東北水研報, 21, 79-86.