

해상가두리 및 육상수조 중간양성 방식에 따른 북방전복, *Haliotis discus hannai* 치패의 성장 및 생존율

김병학, 박민우, 김태익, 손맹현, 이시우

국립수산과학원 남서해수산연구소

The Growth and Survival Rate of Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai* at Different Intermediate Culture Type in Net Cage or Indoor Tank

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 abalone, *Haliotis discus hannai*, in net cage and indoor tank. Intermediate cultures were to determine there that was to setting at marine net cage culture (NCC) in net cage, floor culture (FC), net floor culture (NFC), double shelter culture (DSC) and indoor net cage culture (INCC) in indoor tank, in two replicate. In the growth performance of juvenile abalone reared through intermediate culture, 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 NCC were higher than those of different groups ($P < 0.05$). As weight gain (WG), daily weight gain (DWG) and specific weight gain (SWG) to body weight through intermediate culture types in indoor tank was not significant. Also that, survival rate among experimental groups of intermediate culture in indoor tank was not significant. Therefore, these results is showed that should to cultivate for net cage so that intermediate culture of juvenile abalone over 2 cm, accordingly research to effective progress of juvenile abalone intermediate culture in indoor tank be should from various reason as well as feed and rearing condition.

Keywords: Abalone, *Haliotis discus hannai*, Intermediate culture, growth, survival rate

서 론

전복류는 세계적으로 100여종 이상이 분포하고 있으며, 이 중 우리나라 연안에 분포하는 전복류는 전 연안에 서식하는 북방전복 (*Haliotis discus hannai*) 을 비롯하여 겨울철 12°C 등온선을 경계로 제주도 근해에서 서식하는 말전복 (*H. gigantea*), 시볼트전복 (*H. sieboldii*), 까막전복 (*H. discus*

discus), 오분자기 (*Sulculus divesicolor aquatilis*), 마대 오분자기 (*Sulculus divesicolor diversicolor*) 등이 서식하고 있다 (NFRDI, 2008). 전복류는 예로부터 식용으로 이어지면서 산업적으로 매우 중요한 고가의 기호식품으로, 국내에서 1970년대부터 북방전복을 시작으로 인공종묘생산기술이 개발되어 1980년대부터 종묘생산기술을 보급함으로써 양식 산업이 본격적으로 시작되었으며 (한, 1998), 2013년도 국내 전복 생산량은 7,479톤, 생산금액은 2,476억원에 이르고 있다 (KOSIS, 2014).

북방전복은 종묘생산단계를 지나, 각장 3 cm 전후로 성장하면 해상가두리로 이동하여 미역 (*Undaria pinnatifida*) 과 다시마 (*Laminaria japonica*) 와 같은 천연먹이를 공급하여 관리하면서 양성하게 된다 (NFRDI, 2008). 그러나 최근 해상가두리에서 양성중인 북방전복의 폐사량이 점차 증가되고 있으며, 이러한 원인으로 부유토사 (Lee, 2008), 유속감소 (Son

Received: July 9, 2014; Revised: September 19, 2014;
Accepted: September 22, 2014

Corresponding author : Lee, Si-Woo

Tel: +82 (61) 690-8980 e-mail: ganrabbit@hanmail.net
1225-3480/24534

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.

et al., 2010), 폐각 천공성 다모류 감염 (Won et al., 2013), 조류 소동 (Cha et al., 2014) 등 다양한 원인이 보고되고 있다. 이런 문제해결을 위해 생산현장에서는 양성단계의 치패를 해상가두리가 아닌 육상수조에서 사육 및 관리하는 중간 양성 단계를 재도입하고 있으며 (Kim et al., 2013), 일부 양어장에서는 북방전복 치패를 1년 정도 육상시설물에서 양성한 이후에 해상가두리에 옮겨 양성하고 있다 (NFRDI, 2008). 육상에서의 북방전복 양성은 해상가두리와 비교해 관리가 용이하고, 도난과 태풍 등의 피해를 방지할 수 있는 장점이 있으나, 사육 시설 및 장비 등의 시설 구입비와 전기요금 등의 사육관리비가 계속 발생하며, 양성기간이 느리다는 단점이 있다 (NFRDI, 2008). 이러한 북방전복 육상양식의 단점은 낮은 경제적 수익성을 가져올 수 있어, 육상양식은 양성비용 절감이나 양성기간 단축 등의 방법을 개발하여 생산 비용을 최소화시킬 필요가 있다 (Shon et al., 2003).

북방전복 치패의 육상양식은 수조형태 및 사육밀도 (Jeong et al., 1994a), 먹이별 사육효과 (Jeong et al., 1994b), 순환 여과시스템 내 사육온도와 성장효과 (Park et al., 1995) 및 적정 사육밀도 (Shon et al., 2003; Park et al., 2008), 사육 시스템 종류별 성장 비교 (Moon et al., 2006) 등 실용적인 시스템개발과 사육조건 등을 중심으로 연구가 수행되었다. 하지만 실제 육상수조에서 전복치패 중간양성 시 이루어지는 유수식 사육에 대한 연구는 주로 치패의 먹이형태별 공급 (Lee et al., 1997; 1998), 사육밀도 (Kim et al., 1998) 등 연구가 보고되어 있지만 유수식에서의 효율적인 중간양성 방식에 대한 연구는 미진한 실정이다.

따라서 본 연구는 북방전복 치패를 육상수조의 그물 바닥과 쉘터, 가두리 등의 다양한 사육조건을 통한 장기간 중간양성을 해상가두리와 함께 성장 및 생존율을 조사하여, 육상수조에서의 북방전복치패 양성의 효율성 증가와 생산성향상을 유도하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 실험구 설정

1) 해상가두리

해상가두리 (net cage culture, NCC) 실험은 2013년 6월부터 2014년 4월까지 10개월 (300일) 동안 전남 완도군 노화읍 삼마리 앞바다에 설치된 해상가두리에서 실시하였다. 실험 전복치패는 2012년에 종묘 생산된 양성 1년생 (각장 평균 24.54 ± 0.35 mm) 을 사용하였으며, 실험가두리는 전남 완도군에서 주로 사용되는 PE (polyethylene) 해상가두리 (2.4 × 2.4 m) 를 반으로 나눈 가두리 (1.2 × 2.4 m) 를 사용하였다. 각 가두리 당 PC (polycarbonate) 재질로 쉘터 (Shelter, 100 × 90 cm) 를 3개씩 설치하였고, 15,000 마리를 수용하여

2반복으로 실시하였으며, 실험 기간 중 먹이를 완도지역 전복 양식어업인 순기 (順氣) 와 동일하게 공급하였다. 즉 6월부터 9월까지의 생 다시마, 9월부터 10월까지의 소량의 건 다시마 및 염장 미역 그리고 11월부터 2014년 4월 실험 종료 시까지 생 미역을 공급하였다. 먹이는 평균 7일 기준으로 공급하였으며, 매일 1회씩 잔량 먹이를 제거하여 주었다.

2) 실내육상수조

육상수조 실험은 2013년 6월부터 2014년 4월까지 10개월 (300일) 간 전남 완도군 완도읍에 위치한 조은수산 육상 사육 시설에서 실시하였다. 실험 전복치패는 2012년에 종묘생산된 양성 1년생 (각장 평균 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 쉘터 양성 (double shelter culture, DSC) 그리고 해상가두리와 유사한 환경 조성을 위한 육상 가두리 양성 (indoor net cage culture, INCC) 으로 설정하였다. 쉘터 (Shelter) 는 PC 재질 쉘터 (100 × 90 cm) 를 각 실험구별로 설치하였으며, 먹이는 어체중의 3%를 일간섭이량으로 설정하여 6월부터 9월까지의 생 다시마, 9월부터 2014년 4월 실험 종료 시까지 소량의 건 다시마 및 염장 미역을 공급하였다. 각 실험구는 2반복으로 실시하였으며, 각 수조당 북방전복치패 10,000마리를 수용하였다. 사육방법은 유수식으로 실시하였으며, 환수량은 4회전/시간이었고, 각 수조마다 원활한 산소공급을 위해 에어레이션을 설치하였다.

2. 환경조사

실험기간 중의 사육수온은 자연수온에 의존하였고 해상가두리는 일간 수온 조사를 위해 연속수온측정기 (HOBO TidbiT[®]v2 Temp, UTBI-001, Onset Computer Corporation, Massachusetts, USA) 를 사용하였으며, 실내사육수조는 디지털 온도측정기를 설치한 후 매일 오전 10시에 확인하였다.

3. 성장 및 생존율

성장 조사는 실험시작 시 30마리의 치패를 무작위로 체포하여 각장 (shell length), 각폭 (shell breadth), 체중 (body weight) 을 측정하였고, 매월마다 각 실험구 당 30마리의 치패를 무작위로 체포하여 각장을 측정하여, 월별 일간성장률 변화를 조사하였으며 실험종료 시에는 해상가두리는 파도로 인한 진동으로 정밀저울이 사용이 어려워 체중을 제외한 각장, 각폭을 측정하였고, 육상수조에서는 각장, 각폭, 체중을 측정하

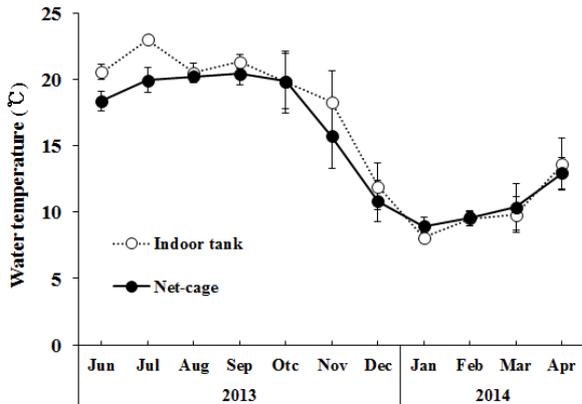


Fig. 1. Changes of water temperature in net cage and indoor tank culture at experiment area during intermediate culture period.

였다. 측정된 각장과 각폭은 아래 식에 따라 절대성장률 (absolute growth rate, AGR), 일간성장률 (daily growth rate, DGR), 특수성장률 (specific growth rate, SGR) 를 산출하였고, 각폭 역시 각장과 같은 방식으로 AGR, DGR, SGR 을 산출하였다.

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

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

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

또한 육상수조에서 측정된 전중은 증중률 (weight gain, WG), 일간증중률 (daily weight gain, DWG), 특수증중률 (specific weight gain, SWG) 을 아래 식으로 산출하였다.

$$\text{증중률 (WG, \%)} = (W_e - W_i) / W_i \times 100$$

$$\text{일간증중률 (DWG, \%/\text{day})} = (W_e - W_i) / (T - t) \times 100$$

$$\text{특수증중률 (SWG, \%/\text{day})} = (\ln W_e - \ln W_i) / (T - t) \times 100$$

여기서, L_e 와 L_i 는 각각 최종평균각장과 최초평균각장, W_e 와 W_i 는 각각 최종평균각폭과 최초평균각폭이며, W_e 와 W_i 는 각각 최초평균체중과 최종평균체중을 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 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, 체중은 전자정밀저울 (MW-II, CAS Co., Yangju city, Gyeonggido, Koera) 이용하여 0.01 g까지 측정하였다.

4. 통계처리

성장 및 생존율 실험 결과는 2회 반복한 평균치로 나타내었으며, 통계프로그램인 SPSS (Statistical Package for Social Sciences) PASW Base ver. 21 (IBM Co. Ltd., New York, USA) 를 이용하여 one way ANOVA를 실시하였으며, $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955) 로 평균 간의 유의성을 검정하였다.

결 과

1. 수온변화

해상가두리의 수온 범위는 8.95-20.42°C이었으며, 평균 수온은 14.89 ± 4.46 °C이었으며, 2013년 9월이 가장 높았고, 2014년 1월이 가장 낮았다. 실내육상수조의 수온범위는 8.06-22.99°C로 평균수온은 16.03 ± 5.51 °C로 2013년 7월에 가장 높았고, 2014년 1월에 가장 낮게 나타났으며, 해상가두리의 평균수온과 유사한 수온변화를 보였다 (Fig. 1).

2. 성장변화

1) 월별 성장 변화

해상가두리와 육상수조에서 중간양성 방법별로 사육된 북방전복치패의 월별 각장변화에서 2013년 7월까지 각 실험구별 각장은 유의적 차이 없었으나, 8월부터 실험 종료 시까지 2014년 2월을 제외하고 NCC가 FC, NFC, DSC, INCC보다 유의적으로 높게 나타났으며 ($P < 0.05$), 육상수조 내 실험구인 FC, NFC, DSC, INCC는 유의적 차이가 없었다 (Fig. 2).

각장에 대한 월별 AGR_{SL} 의 변화에서는 2013년 9월에 NCC가 INCC보다 유의적으로 낮았으며 ($P < 0.05$), 그 이후 NCC는 2013년 2월을 제외하고 3월까지 육상수조 내 실험구보다 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 그리고, 실험 종료 월인 2014년 4월에는 INCC가 NCC보다 유의적으로 낮았으며 ($P < 0.05$), 다른 실험구와는 차이가 없었다 (Fig. 3).

각장에 대한 월별 DGR_{SL} 의 변화에서는 9월부터 NCC가 육상수조 실험구와 유의적 으로 높기 시작해, 역시 2014년 2월을 제외하고 같은 경향을 보였다 ($P < 0.05$). 또한 10월부터

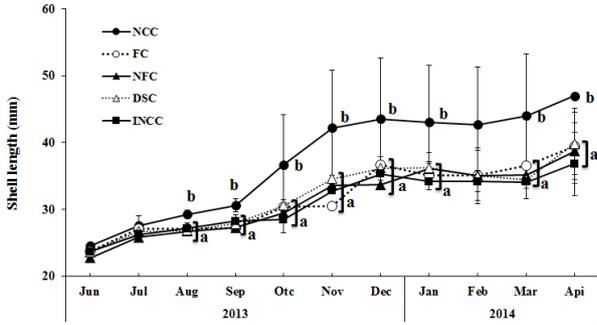


Fig. 2. Changes of shell length (mm) of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* reared in net-cage and indoor tank by different intermediate culture types. Different letters differ significantly ($P < 0.05$).

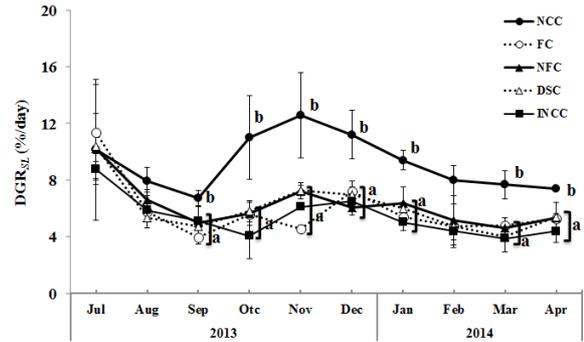


Fig. 4. Changes of daily growth rate (DGR) shell length (SL) of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* reared in net-cage and indoor tank by different intermediate culture types. Different letters differ significantly ($P < 0.05$).

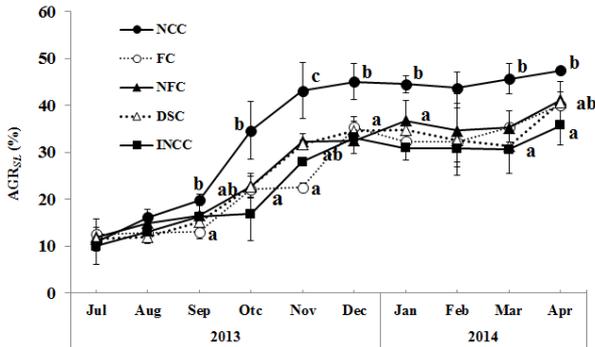


Fig. 3. Changes of absolute growth rate (AGR) of shell length (SL) of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* reared in net-cage and indoor tank by different intermediate culture types. Different letters differ significantly ($P < 0.05$).

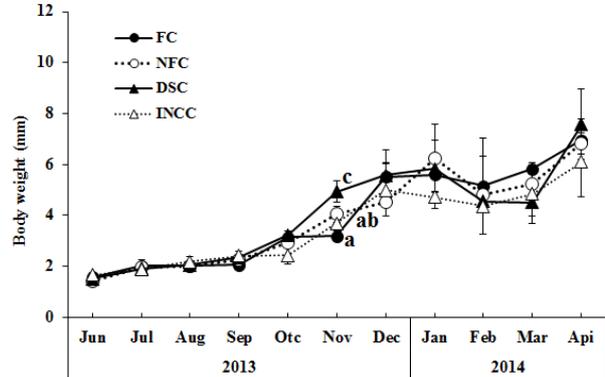


Fig. 5. Changes of body weight (mm) of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* reared in indoor tank by different intermediate culture types. Different letters differ significantly ($P < 0.05$).

NCC가 급격히 높아지는 경향을 보였지만, 육상수조 내 모든 실험구들은 유의적 차이를 보이지 않았다 (Fig. 4).

육상수조 내 중간양성에 따른 월별 체중량변화에서는 2013년 10월까지 각 실험구간 모두 체중은 2 g수준에서 유의적인 차이가 없었다. 11월에는 DSC가 FC, NFC, INCC보다 유의적으로 높았으나 ($P < 0.05$), 12월부터 각 실험구간 차이를 보이지 않았다 (Fig. 5).

2) 성장특성

해상가두리와 육상수조에서 중간양성 방식별로 사육한 북방전복치패 FML에서는 NCC가 육상수조 내 모든 실험구보다 유의적으로 높았고 ($P < 0.05$), 육상수조 내 FC, NFC, DSC, INCC는 차이가 없었다. 각장의 AGR_{SL} 에서는 NCC가 육상수조 내 FC, NFC, DSC 유의적 차이가 없었으며, INCC는 유의적으로 낮았다 ($P < 0.05$). DGR_{SL} , SGR_{SL} 에서는 NCC가

육상수조 실험구보다 유의적으로 높았으며 ($P < 0.05$), 육상수조 내 실험구는 유의적 차이가 없었다. 각폭 성장에서는 FMB , AGR_{SB} , DGR_{SB} , SGR_{SB} 에서 NCC가 육상수조 내 실험구보다 유의적으로 높았고 ($P < 0.05$), 육상수조 내 실험구간의 유의적 차이는 없었다 (Table 1). 육상수조 내 실험구에서 측정된 체중 성장특성에서는 FMW , WG , DWG , SWG 모두 유의적 차이가 없었다 (Table 2).

3. 월별 생존율 변화

해상가두리 내 생존율은 2013년 7월에 INCC가 75%까지 낮아지면서 다른 실험구보다 유의적으로 낮았으나 ($P < 0.05$), 이후 다른 실험구 역시 생존율이 낮아지면서 실험 종료 시 까지 유의적 차이가 없었다. 모든 실험구는 9월까지 60-65% 생존율이 감소하였으며 이후 모든 실험구의 생존율은 실험종료 시 까지 55-60%를 유지하였다 (Fig. 6).

Table 1. Growth performance with shell length and shell breadth of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai* reared in net cage and indoor tank by different intermediate culture types

	NCC	FC	NFC	DSC	INCC
IML ²	24.54 ± 0.35 ^b	23.67 ± 0.11 ^a	22.74 ± 0.62 ^a	23.61 ± 0.06 ^a	23.61 ± 0.28 ^a
FML ³	46.95 ± 0.33 ^b	39.49 ± 5.64 ^a	38.70 ± 4.23 ^a	39.86 ± 4.69 ^a	36.79 ± 4.67 ^a
AGR _{SL} ⁴	47.46 ± 0.38 ^b	40.06 ± 0.32 ^{ab}	41.23 ± 1.58 ^{ab}	40.61 ± 4.39 ^{ab}	35.70 ± 4.19 ^a
DGR _{SL} ⁵	7.39 ± 0.11 ^b	5.27 ± 0.07 ^a	5.32 ± 0.35 ^a	5.42 ± 0.98 ^a	4.40 ± 0.80 ^a
SGR _{SL} ⁶	2.78 ± 0.01 ^b	2.62 ± 0.01 ^a	2.61 ± 0.03 ^a	2.63 ± 0.07 ^a	2.55 ± 0.07 ^a
IMB ⁷	17.17 ± 0.24 ^b	16.53 ± 0.24 ^a	16.29 ± 1.73 ^a	16.63 ± 0.24 ^a	16.50 ± 0.21 ^a
FMB ⁸	31.37 ± 0.13 ^b	26.61 ± 0.82 ^a	26.59 ± 1.00 ^a	27.10 ± 2.04 ^a	25.05 ± 1.73 ^a
AGR _{SB}	82.67 ± 0.78 ^b	54.98 ± 4.78 ^a	54.86 ± 5.85 ^a	57.83 ± 11.86 ^a	45.86 ± 10.09 ^a
DGR _{SB}	4.73 ± 0.04 ^b	3.15 ± 0.27 ^a	3.14 ± 0.33 ^a	3.31 ± 0.68 ^a	2.63 ± 0.58 ^a
SGR _{SB}	2.50 ± 0.00 ^b	2.33 ± 0.03 ^a	2.33 ± 0.04 ^a	2.35 ± 0.08 ^a	2.27 ± 0.07 ^v

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*, reared in indoor tank by different intermediate culture types.

	FC	NFC	DSC	INCC
IMW ²	1.58 ± 0.02 ^{ns}	1.40 ± 0.06	1.52 ± 0.08	1.66 ± 0.10
FMW ³	6.97 ± 0.84 ^{ns}	6.83 ± 0.41	7.58 ± 1.40	6.11 ± 1.36
WG ⁴	340.82 ± 53.26 ^{ns}	332.28 ± 25.96	379.75 ± 88.61	286.39 ± 86.37
DWG ⁵	1.80 ± 0.28 ^{ns}	1.75 ± 0.14	2.00 ± 0.47	1.51 ± 0.45
SWG ⁶	1.78 ± 0.12 ^{ns}	1.77 ± 0.06	1.86 ± 0.19	1.64 ± 0.23

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.

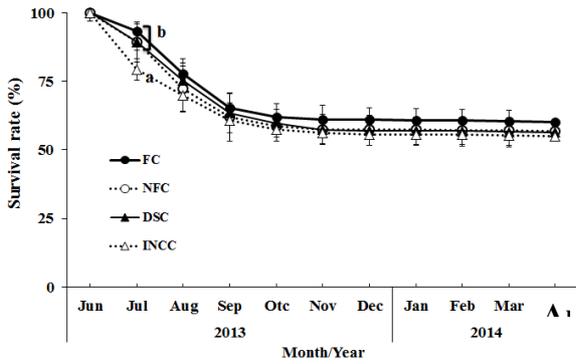


Fig. 6. Change of Survival rate (%) of juvenile abalone, *Haliotis discus hannai*, reared in indoor tank by different intermediate culture types. Bar indicates standard deviation (n = 2). Bars with different letter differ significantly (P < 0.05).

고찰

전복류 중간양성은 바다에 시설할 수 있는 수하식인 가두리 식과 육상 수조식으로 대별될 수 있으며 (한, 1998), 최근에는 완도, 해남 등 남해안 중심으로 가두리식 양성이, 제주도에서 육상 수조식 북방전복 양성이 이루어지고 있다 (Moon *et al.*, 2006). 해상가두리 양성은 성장 시 분조작업 외에 다른 곳으로 이동하지 않고 최초 입식장소에서 출하까지 양성하며, 육상 수조에서 중간 양성된 북방전복은 약 1년 정도 후 일정크기가 되면 다시 해상가두리로 이동시켜 출하 시까지 양성한다 (NFRDI, 2008). 2000년 이후부터 남해지역을 중심으로 본격적으로 도입된 내파성 외해 해상가두리 양성은 높은 성장과 경제성으로 육상 수조 양성은 종묘 생산 위주로 변환되면서, 국내 전복 양성은 주로 해상가두리로 이루어졌다 (옥, 2010). 그러나 2006년부터 시작된 해상가두리 전복의 폐사량 증가 문제는 높은 생존율을 보이는 육상 수조에서 기술 개발을 통한 중간양성 단계의 재도입을 시도하고 있다 (Kim *et al.*, 2013). 육상 수조식 양성은 높은 생존율과 용이한 관리, 도난, 태풍 등에 의한 피해를 방지할 수 있는 장점이 있지만, 사육시설 및 장비 등이 필요하고, 전기료 및 관리비가 많이 든다는 단점도 있다 (한, 1998). 그러나 환경조건 조절 등에 대한 적극적 사육 관리가 가능한 장점은 전복양성을 위한 기초적 연구결과 도출이 용이하며, 따라서 전복의 효율적 양성을 위한 연구는 주로 육상 수조 방식으로 주로 이루어지고 있다 (Hooker and Morse, 1985; Mercer *et al.*, 1993; Lee *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1998; Tahlil and Juinio-Menez, 1999; Kim *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 2003; Naidoo *et al.*, 2006). 수온은 전복 성장에 중요한 요인이며 단위 체중 당 섭취율은 수온이 높을수록 또한 각장이 적을수록 높고, 반대로 수온이 낮거나 대형 크

기일수록 낮아진다 (한, 1998). Sakai (1962) 는 전복은 수온에 따른 일간섭식물에 차이를 보여 성장에 영향을 주게 되며, 보통 7°C 이하에서는 전복 먹이 활동이 둔해지고 북방전복의 경우 성장 적수온은 20°C 전후로 보고하였다. 또한 Yoon *et al.*, (2004) 은 해상가두리에서 1년간 사육한 *H. discus hannai* 역시 수온 18-22°C의 수온기간인 6월초에서 7월하순, 10월과 11월에 높은 일간성장률을 보고하였다. 본 연구에서도 수온이 상승되는 6월에서 8월은 해상가두리와 육상수조식 중간양성 모두 큰 성장변화가 없었다. 그러나 수온이 하강하는 10월부터 해상가두리는 급격한 성장을 보였으며, 절대성장률과 일간성장률에서도 높은 값을 보여 기존 보고와 유사한 결과를 보였다. 그러나 육상양식 중간양성은 해상가두리와 비교해 낮은 성장 특성을 보였으며, 육상양식 중간양성의 각 실험구에서는 유의적인 성장차이는 없었다. 특히 급격한 성장이 이루어진 10월에는 해상가두리가 육상수조와 비교해 두배에 가까운 성장차이를 보이고 있는 것을 확인할 수 있었다. Kim *et al.* (2013) 은 북방전복 (*H. discus hannai*) 치패를 해상가두리와 육상수조에서 사육밀도 조건별 시육 시 해상가두리와 육상수조에서 사육된 북방전복은 성장차이가 발생하였고, 이러한 성장차이는 북방전복의 사육환경에 대한 스트레스가 고려되며 그 원인으로 사육수조의 크기 및 형태가 전복 성장에 영향을 미쳤을 가능성을 제시하였다. 따라서 본 연구에서도 육상수조와 해상가두리 사육환경의 차이가 성장에 영향을 미쳤을 가능성을 추측할 수 있다. 그러나, 본 연구에서는 육상수조 내 중간양성 방식별로 사육기간 동안 성장차이를 보이지 않았고, 오히려 각장에서는 가두리 조건을 맞춘 육상수조 실험구가 유의적 차이는 없으나 수치상으로 약간 낮게 나타났으며, 이러한 결과는 사육수조 형태보다는 먹이 근접성에서 발생하는 차이로 추측된다. 즉 해상가두리의 그물형태의 서식 조건이 전복 치패의 유리하거나 불리한지 확인되지 않았지만, 육상수조와 달리 먹이공급량도 풍부하고 자연적으로 발생하는 해조류가 다양하게 서식하는 해상가두리가 먹이접근성에서 유리하게 작용했던 것으로 보인다. 또한 본 연구가 진행된 해상가두리에서는 10월 중순부터 생먹이 급이가 가능해지면서 영양가 높은 신선한 먹이를 실험 종료 시까지 현장에서 직접 공급할 수 있었지만, 육상수조에서는 지속적인 생먹이 확보와 공급에 차질이 생기면서 건조다시마를 함께 공급하면서 발생한 차이가 성장을 미쳤을 가능성이 있는 것으로 추측된다. 이와 함께 해상가두리 내에는 10월부터 공급되는 먹이 외에도 가두리 안쪽 그물에 다양한 해조류가 부착하여 성장하는 것을 확인할 수 있어 풍부한 먹이확보가 성장에 차이를 보였던 것으로 판단되며, 이러한 차이는 육상수조 내 중간양성에서 건조다시마 등의 동일한 생먹이와 공급량은 사육방식이 다르다 하더라도 수온밀도와 유수량이 다르지 않는 상태에서는 영향을 미치지 않는 것으

로 생각된다. 그러나 전복류는 공급되는 먹이에 따라서 성장 (Lee *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1998; Tabil and Juinio-Menez, 1999; Kim *et al.*, 1998; Naidoo *et al.*, 2006) 과 색상 (Im and Lee, 2003) 등에서 차이를 보이는 만큼 육상수조 중간양성 시 적절한 먹이종류와 공급방법에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

북방전복 (*H. discus hannai*) 치패의 일간성장률은 사육시스템의 유수조건에 따라 차이를 보이며 (Moon *et al.*, 2004), 수하식 양식채롱과 육상수조식 사육에서도 유사한 일간성장률을 보인다 (Jeong *et al.*, 1994). 본 연구에서는 해상가두리가 육상수조식 사육방식과 비교해 각장과 각폭에서 높은 성장률과 일간성장률을 나타내고 있으며, 이러한 원인으로서는 역시 해상가두리와 육상수조의 먹이환경과 관련이 있을 것으로 추측된다. Naidoo *et al.* (2006) 은 *Haliotis midae* (Linn.) 에게 신선한 kelp (*Ecklonia maxima*) 를 공급하였을 때 건조 kelp보다 각장과 중량 성장률에서 높게 나타났다고 보고하였는데, 본 연구에서도 신선한 다시마와 해조류를 공급받는 해상가두리의 성장이 유리하게 작용할 수 있다. 그리고 육상수조 내 사육방법에 대한 증체율에서도 각장의 성장률과 같이 모든 실험구가 유의적 차이가 없어 동일한 먹이, 수질, 밀도조건에서의 사육수조 방법은 성장률에 차이를 보이지 않는 것으로 판단된다. 이러한 차이는 생존율에서도 같은 결과를 보여주고 있어 전복 사육 시 바닥형태와 쉘터 등에 받는 영향은 적은 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서 2 cm이상의 전복치패 중간양성에 있어 해상가두리와 육상수조의 사육방법을 달리하여 생먹이로 사육하였을 때, 해상가두리의 각장과 각폭의 성장률과 일간성장률은 높게 나타났다. 그러나 육상수조 내 바닥식, 그물바닥식, 이중셸터식, 가두리식으로 사육방법을 달리하였을 때에는 성장에 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 동일한 밀도, 먹이를 공급한 육상수조 내에서는 차이를 보이지 않았지만, 신선한 먹이가 공급되면서 가두리 주위로 자연먹이가 풍부하게 자라난 해상가두리가 성장에 유리하게 작용하였던 것으로 판단된다. 그러나 전복 성장과 생존율은 사육환경 및 조건과 관련하여 복합적인 원인이 적용되는 만큼, 육상수조 중간양성에 유리한 환경조건을 지속적으로 규명하여 효율적인 중간양성 방법을 모색하여야 할 것이다.

요 약

본 연구는 해상가두리와 육상수조의 다양한 중간양성 방법에 대한 성장 및 생존율을 조사하여 육상수조에서의 전복치패 양성의 효율성 증가와 생산성향상을 유도하고자 실시하였다. 해상가두리 (net cage culture, NCC) 실험은 육상수조 사육은 2013년 6월부터 2014년 4월까지 10개월 (300일) 동안 실

시하였고, 실험 전복은 2012년에 종묘생산 된 양성 1년생 (각장 평균 22.74-23.67 mm) 을 사용하였다. 육상수조 실험구 설정은 바닥식 양성 (floor culture, FC), 그물 바닥식 양성 (net floor culture, NFC), 이중 쉘터 양성 (double shelter culture, DSC) 그리고 육상 가두리 양성 (indoor net cage culture, INCC) 을 각각 2반복구로 설정하여, 수조 당 10,000 마리를 수용하였다. 해상가두리의 월별 각장과 성장률 (absolute growth rate of shell length, AGR_{SL}) 은 육상수조 사육방법보다 유의적으로 높았고 ($P < 0.05$), 육상수조 내 사육방법별 월별 중량변화는 유의적 차이가 없었다. 전복치패 각장의 일간성장률 (daily growth rate of shell length, DGR_{SL}), 특수성장률 (specific growth rate of shell length, SGR_{SL}) 에서도 NCC가 육상수조 실험구보다 유의적으로 높았으며 ($P < 0.05$), 각폭 성장에서의 성장률 (absolute growth rate of shell breadth, AGR_{SB}), DGR_{SB} , SGR_{SB} 에서 NCC가 육상수조 내 실험구보다 유의적으로 높았고 ($P < 0.05$), 육상수조 내 실험구간의 유의적 차이는 없었다. 육상수조 내 실험구에서 측정된 전복체중 성장은 FMW, WG, DWG, SWG에서는 각 실험구별로 유의적 차이가 없으며, 모든 실험구의 생존율은 실험종료 시 까지 55-60%를 유지하였다. 따라서 2 cm이상의 전복치패는 중간양성 시 동일한 밀도, 먹이를 공급한 육상수조 내에서는 차이를 보이지 않았지만, 신선한 먹이가 공급되면서 가두리 주위로 자연먹이가 풍부하게 자라난 해상가두리가 성장에 유리하게 작용하였던 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 (전복 가두리양식 생산성향상 및 표준화 연구 14-AQ-51) 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- 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 Journal Malacology*, **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.
- Lim, T.J. and Lee S.M. (2003) Effect of Dietary Pigment Sources on the Growth and Shell Color of Abalone (*Haliotis discus hannai*). *Journal of Korea Fisheries Society*, **36**(6): 601-605. (in Korean)

- Jeong, S.C., Jee, Y.J., and Son P.W. (1994a). Indoor Tank Culture of the Abalone *Haliotis discus hannai*. I. Effects of tank shape and stocking density on the growth of young abalone. *Journal of Aquaculture*, **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. *Journal of Aquaculture*, **7**(2): 77-87. (in Korean)
- Kim, H.S. and Song, J.H. (2012) A Study on the Efficiency Analysis of Abalone Aquaculture in Wando Region Using Stochastic Frontier Approach. *The J. of Fish. Busi. Admin.*, **43**(2): 67-77. (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*). *Korean Journal Malacology*, **23**(3): 233-238.
- 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 (Korean statistical information service) (2014). Agriculture, Forestry and Fishery. Statistics Korea, Daejeon, Korea. <http://kosis.kr>
- 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*). *Journal of Aquaculture*, **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*). *Journal of Aquaculture*, **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*. *Journal of the Korea Society of Marine Environment & Safety*, **14**(3): 183-187. (in Korean)
- Mercer, J.P., Mai K.-S. and Donlon J. (1993) Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *haliotis tuberculata* Linnaeus and *Haliotis discus hannai* Ino: I. Effects of algal diets on growth and biochemical composition. *Invertebrate Reproduction Development*, **23**: 75-88.
- 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. *Journal of Aquaculture*, **19**(4): 242-246. (in Korean)
- 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 an land-based aquaculture system. *Journal of Apply Phycology*, **18**: 437-443.
- 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. *Journal of Aquaculture*, **16**(4): 257-261.(in Korean)
- Shon, M.H., Lee J.U., Park M.W., Lim H.K., Kim D.J., and Hwang H.G. (2009) State of Optimal Rearing Technique on the Abalone (*Haliotis discus hannai*) Juvenile. *Korean Journal of Fisheries Aquatic Science*, **42**(6): 621-627.(in Korean)
- Shon, M.H., Park M.W., Kim K.W., Kim K.D. and Kim S.K. (2010) Statures of the abalone (*Haliotis discus hannai*) aquaculture for optimal rearing technique in marine net cage. *Journal of Fisheries Marine Science Education*, **22**(3): 362-373. (in Korean)
- 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 pathology*, **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.
- 石田 修, (1993) クロアワビにの成長に及ぼす飼育密度の影響. *水産増殖*, **41**(4): 431-433.