

3년산 북방전복, *Haliotis discus hannai*의 해상가두리 내 먹이공급비율에 따른 성장 및 생존율

김병학, 박정준, 손맹현, 김태익, 이시우¹

국립수산과학원 남해수산연구소, ¹국립수산과학원 중앙내수면연구소

The Effect of Growth and Survival Rate on Feeding Rate of 3-year-old Abalone, *Haliotis discus hannai* rearing in Net Cage Culture

Byeong-Hak Kim, Jung Jun Park, Maeng-Hyun Son, Tae-Ik Kim and Si-Woo Lee¹

Southwest Sea Fisheries Research Institute, NIFS, Yeosu 59780,, Korea

¹Inland Fisheries research Institute, NIFS, Gyeonggi-do 12451, Korea

ABSTRACT

The effect of different feeding rate on the growth and survival rate of 3-year-old abalone, *Haliotis discus hannai* were investigated in marine net cage culture. Feeding rate is determined that was fed 5, 10, 15 and 20 percentage to abalone at body weight once daily : 5 daily feeding rate (DFR), 10 DFR, 15 DFR and 20 DFR. After that, it was conducted to reared during thirteen month with two replicates in net cage culture. In the growth performance of reared abalone (initial mean shell length 73.77 ± 11.27 mm) in net cage culture, that the absolute growth rate (ARG), daily growth rate (DGR) and specific growth rate (SGR) to the shell length and shell breadth, as well as weight gain (WG), daily weight gain (DWG) and specific weight gain (SWG) to body weight of 5 DFR were higher than those of different groups ($P < 0.05$). Also, survival rate of all feeding rate groups was not significant, but it was showed bellow 30 percents. Therefore, these results is showed that the daily feeding rate for natural feed of 3-year-old abalones reared in net cage culture should be to supply among five to ten percents.

Keywords: 3-year-old Abalone, *Haliotis discus hannai*, feeding rate, growth, survival rate

서 론

일정한 공간에서 집약적으로 이루어지는 양식 대상 종에게 있어 적절한 사료 공급은 빠르고 효율적인 성장과 사료 허실을 최소화시키면서 사육환경을 안정화 할 수 있어 경제성을 높일 수 있다. 그러나 양식 대상 종에게 먹이를 적절하게 공급하기 위해서는 양식 대상종의 영양소별 요구량뿐만 아니라, 효율적인 사료공급체계에 관한 정보가 필요하다 (Jobling *et al.*,

1995; Kim *et al.*, 2012). 사료는 양식대상 종의 체내 대사 및 성장에 영향을 미치는 가장 중요한 요인 중 하나이며, 양식 현장의 양식 어업인에 의해 공급량이 조절될 수 있어 성공적인 양식생산을 결정하는 주요한 변수로 작용될 수 있다 (Kim *et al.*, 2012).

국내 전복 양식은 1970년대부터 인공종묘생산기술이 개발 되어 1980년대부터 종묘생산기술을 보급함으로써 본격적으로 시작되어 (한, 1998), 2015년도 국내 전복생산량은 8,928톤, 생산금액은 2,968억원에 이르고 있다 (KOSIS, 2016). 국내 전복 양식은 크게 종묘생산과 양성 단계로 나눌 수 있다. 종묘 생산 시기에는 부착성 규조류와 시판 배합사료 등을 공급하여 관리하고 3 cm 전후로 성장 시 해상가두리로 이동해 사육하게 되며, 해상가두리 양성 시 전복의 먹이로는 다시마 (*Laminaria japonica*) 와 미역 (*Undaria pinnatifida*) 과 같은 천연먹이를 공급하여 관리하고 있다 (Kim *et al.*, 2013). 양성단계에서의 먹이공급은 한번 공급된 먹이가 부패가 되지

Received: June 1, 2016; Revised: June 27, 2016; Accepted: June 30, 2016

Corresponding author : Si-Woo Lee

Tel: +82 (31) 589-5190, e-mail: lsw7707@korea.kr
1225-3480/24616

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.

않는 양을 계속 수시로 공급하는 것이 가장 이상적이지만 (한, 1998), 해상가두리 내에 공급되는 미역, 다시마 등의 천연먹이는 각 현장마다 각 가두리별 공급기준 없이 양식업자의 경험에 의존되어 공급되고 있다. 국립수산물과학원에서 발간한 전복표준양식지침서 (NFRDI, 2008) 는 해상가두리 내 공급주기와 예상먹이소요량을 제안하고 있지만, 먹이공급량은 수온, 전복크기, 지역별 사육환경에 따른 전복의 섭취량에 의해 달라질 수 있어, 각 지역별 현장과 사육환경, 크기 등 조건에 맞는 공급기준이 요구되고 있다. 또한 최근까지도 전복 양식 현장 중 일부에서는 본인 경험에 의존해 먹이를 대량 공급하여 오랫동안 섭취할 수 있도록 하는 것이 성장에 유리할 것이라는 막연한 추측으로 무분별한 과다공급이 이루어지는 어가가 상당수 존재하고 있다. 이러한 먹이 과다공급은 다량으로 잔류하게 된 먹이부패와 수질악화로 가두리 사육환경이 악화되면서 폐사량 증가와 함께 경제적인 낭비를 초래할 수 있다 (한, 1998; NFRDI, 2008).

전복류의 천연 먹이공급과 관련하여 *Haliotis laevigata*의 먹이조성물 (Hooker and Morse, 1985), 해조류별 먹이 공급에 따른 *Haliotis tuberculata*와 *Haliotis discus hannai*의 성장과 체조성 (Mercer et al., 1993), *Haliotis asinina*의 천연먹이 밀도에 대한 급식주기성과 기능적 반응 (Tahil and Juinio-Menez, 1999), 해조류와 배합사료의 혼합 급이 (Naidoo et al., 2006) 등이 보고되고 있다. 국내에서는 북방전복 (*Haliotis discus hannai*) 천연먹이와 관련하여, 육상 및 실내에서 배합사료와 생사료 공급에 대한 성장비교 (Lee et al., 1997; Lee et al., 1998; Kim et al., 1998; Kim et al., 2003; 2013; 2014) 가 보고되고 있지만, 미역, 다시마와 같은 천연먹이 적정 공급량에 대한 연구는 미비한 편이다. 특히 사육기간동안 미역, 다시마만을 공급하는 해상가두리에서의 먹이공급과 관련하여 3년이상 사육된 전복을 대상으로 장기간 수행한 연구는 국내·외적으로 보고되지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 3년이상 사육된 북방전복이 국내 주요 전복 양성방법인 해상가두리의 적정 천연먹이의 공급비율을 제안하여 전복 생산성 향상을 유도하고자 해상가두리의 먹이공급 비율을 다르게 하여 공급하였을 때 성장 및 생존율을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 실험구

실험은 2014년 5월부터 2015년 4월까지 12개월 (365일) 동안 전라남도 완도군 노화읍 삼마리 앞바다에 설치된 해상가두리에서 실시하였다. 실험 전복은 2011년에 종묘 생산된 양성 3년생 (각장 평균 73.77 ± 11.27 mm) 을 사용하였으며,

해상가두리는 전라남도 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 은신처 (Shelter, 100 × 90 cm) 를 3개씩 설치하였으며, 은신처의 단면적은 2.7 m²로 하였다. 해상가두리의 먹이공급별 실험구 설정은 전복양식 표준지침서 (NFRDI, 2008) 를 참고하여 설정하였다. 즉, 해상가두리 입식밀도는 가두리 한 조당 은신처 단면적의 30%를 수용하고 있으며, 따라서 가두리 반 조 (1.2 × 2.4 m) 당 수용마리수는 800 마리로 하였다. 먹이 공급율은 수용된 전복중량을 기준으로 일간공급량 (daily feeding rate, DFR) 을 각각 5% (5 DFR), 10% (10 DFR), 15% (15 DFR), 20% (20 DFR) 로 설정하여 미역과 다시마를 계절에 따라 공급하였으며, 각 실험구는 2반복으로 실시되었다.

2. 먹이공급 및 환경조사

해상가두리에서는 실험 기간 중 먹이를 완도지역 전복 양식 어업인과 동일하게 공급하였다. 즉 3월부터 9월까지는 생다시마, 9월부터 10월까지의 소량의 건다시마 및 염장미역 그리고 11월부터 2015년 4월 실험 종료 시까지 생미역을 먹이공급을 별로 공급하였다. 먹이는 평균 7일 기준으로 공급하였으며, 매월 1회씩 잔량 먹이를 제거하여 주었다. 실험기간 중의 사육수온은 자연수온에 의존하였고 매월 중순에 수온과 염분, 용존산소를 수질측정기 (YSI-85, Yellow Springs Instruments Inc., Ohio, USA) 로 측정하였다.

3. 성장 및 생존율

성장 조사는 실험시작 시 100 마리의 실험전복을 무작위로 체포하여 각장 (shell length), 각폭 (shell breadth), 전중 (total weight) 을 측정하였고, 매월마다 각 실험구 당 30 마리의 치폐를 무작위로 체포하여 각장과 각폭을 측정하여 월별 변화를 조사하였고, 실험종료 시에는 각장, 각폭, 체중을 측정하였다. 각장과 각폭은 버니어 캘리퍼스를 이용하여 0.01 mm 까지 측정하였고, 체중은 전자정밀저울 (MW-II, CAS Co., Yangju city, Gyeonggido, Koera) 이용하여 0.1 g까지 측정하였다. 측정된 각장과 각폭은 아래식에 따라 성장율 (growth rate, GR), 일간성장율 (daily growth rate, DGR), 순간성장율 (specific growth rate, SGR) 을 산출하였고, 측정된 체중은 증중률 (weight gain, WG), 일간증중율 (daily weight gain, DWG), 순간증중율 (specific weight gain, SWG)을 산출하였다.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 최종평균체중과 최초평균체중을 나타낸다. $(T - t)$ 는 사육일수를 나타낸다. 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 최종생존마리수와 최종생존마리수를 나타낸다.

4. 통계처리

성장 및 생존을 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. 수온, 염분, 용존산소 변화

3년간 북방전복을 전라남도 완도 노화읍 연안 해상가두리에서 서로 다른 먹이공급율로 사육하는 1년 동안 매월 수온, 염분, 용존산소 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 수온에서 2014년 12월부터 2015년 3월까지의 저수온기로 8-10°C 범위였으며, 2015년 2월에 8.2°C로 최저 수온을 나타내었다. 고수온기는 2014년 7월부터 9월까지로 20-22°C 범위이었으며, 최고 수온은 9월에 22.1°C로 나타났다. 사육기간 동안 염분은 평균 33.5 ± 0.6 psu 으로 2014년 9월이 32.5 psu 로 최저 염분으로 나타났고, 2014년 4월이 34.3 psu 로 최고 염분을 나타내었다. 용존산소에서는 사육기간 동안 평균 7.87 ± 0.86 mg/L 로

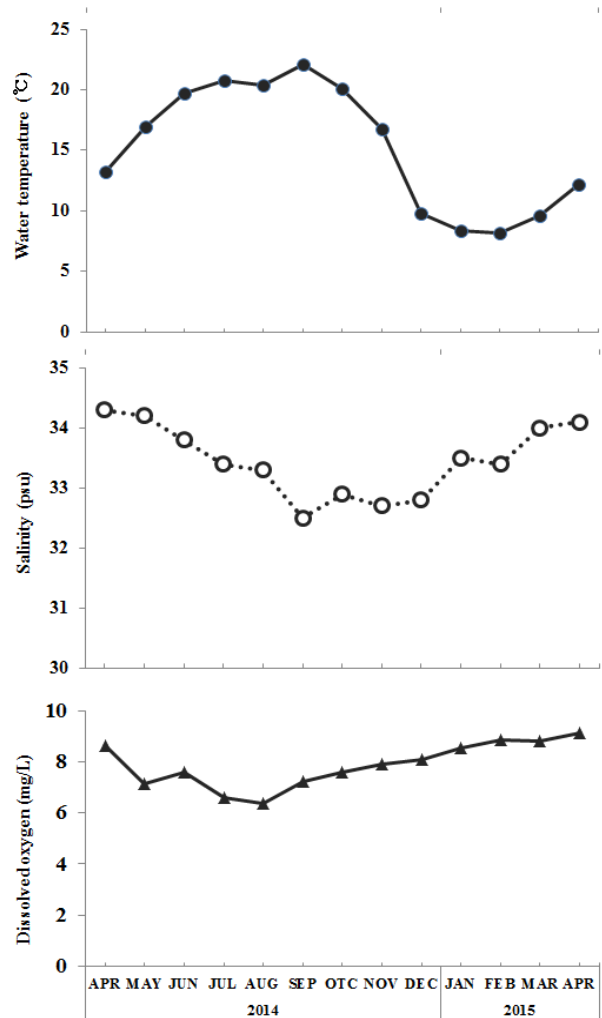


Fig. 1. Changes of water temperature, salinity and dissolved oxygen in net cage culture at experiment area during rearing period.

2014년 8월이 6.34 mg/L 로 최저 농도를 보였고, 2015년 4월이 9.1 mg/L 로 최고 농도를 나타내었다.

2. 성장변화

1) 월별각장변화

해상가두리에서 먹이공급율별로 사육된 전복의 월별 각장변화에서 2014년 5월에 5 DFR 이 15 DFR, 20 DFR 보다 유의적으로 높았으며 ($P < 0.05$), 이후 8월까지의 차이가 없었다. 그리고 2014년 9월부터 2015년 1월까지 5 DFR 이 15 DFR, 20 DFR 보다 유의적으로 높았으며 ($P < 0.05$), 저수온 시간인 2월과 3월에는 차이가 없었고, 4월에는 역시 5 DFR 이 15 DFR, 20 DFR 보다 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$) (Fig. 2).

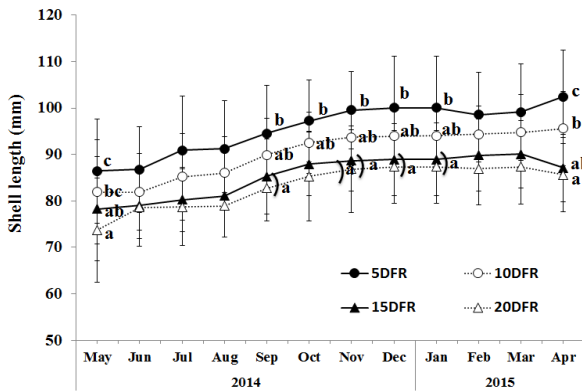


Fig. 2. Changes of shell length (mm) of 3-year-old abalone (*H. discus hannai*) reared with different daily feeding rate (DFR) in net cage culture. Different letters differ significantly ($P < 0.05$).

2) 성장특성

해상가두리에서 먹이공급율별로 사육한 전복 각장성장의 FML에서는 5 DFR 이 102.43 ± 9.71 mm 로 각각 87.07 ± 11.77 mm, 85.63 ± 10.06 mm 를 나타낸 15 DFR과, 20 DFR 보다 유의적으로 높았으며, 각장의 GR에서도 $38.19 \pm 3.34\%$ 를 나타낸 5 DFR 이 각각 $18.02 \pm 2.31\%$, $22.69 \pm 4.60\%$ 를 나타낸 15 DFR 과 20 DFR 보다 유의적으로 높았고, 이런 결과는 DGR, SGR에서도 같았다 ($P < 0.05$). 각쪽의 FMB는 5 DFR이 69.67 ± 0.35 mm로 각각 64.27 ± 1.12 mm, 59.13 ± 1.05 mm, 58.04 mm 로 나타난 10 DFR, 15 DFR, 20 DFR 보다 유의적으로 높았고, 각쪽의 GR, DGR, SGR에서도 같은 결과를 나타내었다 ($P < 0.05$). 체중의 FMW에서는 5 DFR 과 10 DFR 이 각각 143.04 ± 5.68 g, 131.39 ± 13.23 g 으로 98.56 ± 10.99 g 을 나타낸 20 DFR보다 유의적으로 높았고 ($P < 0.05$), WG, DWG, SWG에서도 같은 결과를 보였으며 ($P < 0.05$), 특히 WG와 DWG에서는 5 DFR 이 20 DFR 보다 약 2배의 차이를 보였다 (Table 1).

3. 생존율

해상가두리에서 사육된 전복의 생존율에서는 모두 25%이하의 생존율을 보였고, 특히 5 DFR, 10 DFR 은 20%이상을 보이며, 각각 10%를 나타낸 15 DFR, 20 DFR 보다 수치적으로 높았지만 ($P < 0.05$), 모든 실험구간 유의적 차이는 없었다.

고찰

전복의 단위 체중 당 먹이 섭취비율은 수온이 높거나, 각장

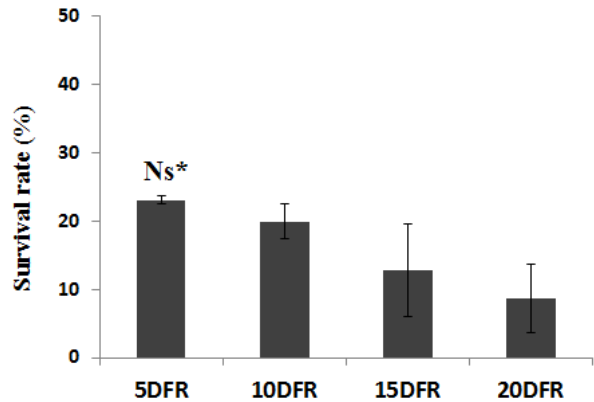


Fig. 3. Survival rate (%) of 3-year-old abalone (*H. discus hannai*) reared with different DFR in net cage culture. Bar indicates standard deviation ($n = 2$). Bars with different letter differ significantly ($P < 0.05$).

이 적을수록 높고, 이와 반대로 수온이 낮거나 크기가 커질수록 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 참전복 역시 수온 $18\text{-}22^{\circ}\text{C}$ 의 수온기간인 6월초에서 7월하순, 10월과 11월에 높은 일간성장율을 보고하였다. 또한 Kim *et al.* (2014) 은 2년산 북방전복을 해상가두리에서 사육 시 저수온기인 1월부터 4월까지 먹이공급이 적을수록 각장이 유의적으로 높아진다고 보고하였다. 본 연구에서도 3년산 전복을 해상가두리 사육 시 내 수온 상승 시기인 5월부터 성장이 이루어지며, 7월부터 각장이 커지면서 11월까지 성장되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 3년산 북방전복 역시, 먹이공급률이 낮을수록 각장 크기가 유의적으로 높아진 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 실험기간동안 2014년도와 같이 가두리가 설치된 완도연안에 고수온기인 7월에서 10월까지 수온이 20°C 전후로 형성되어 성장에 영향을 준 것으로 판단되며, Kim *et al.*, (2003) 도 사육기간동안 평균수온이 성장 적수온에 가까울수록 성장효과는 크다고 보고하였다. 그러나 북방전복 사육 시 성장 및 생존율에 미치는 영향에 대해 石田 (1993) 은 종묘의 질, 질병, 수온, 수질, 사료의 질 및 사육밀도 등이 중요한 요인으로 작용한다고 지적한 바 있으며, 또한 3년산 전복은 각장 성장이 이루어지는 9월부터 먹이공급률이 낮은 실험구가 높은 각장 성장을 나타내고 있어, 전복의 사육연수 또는 크기에 따라 성장시기도 다르게 나타날 수 있음을 나타내어, 기타 다른 요인에 대한 정보가 함께 파악되어야 한다.

효율적인 양식 운영을 위해서는 우선 대상 어종의 사육에 적

Table 1. Growth performance of 3-year-old abalone (*H. discus hannai*) reared with different DFR in net cage culture

	5 DFR	10 DFR	15 DFR	20 DFR	
Shell length	IML ²	73.77 ± 11.27			
	FML ³	102.43 ± 9.71 ^c	95.59 ± 8.21 ^{bc}	87.07 ± 11.77 ^a	85.63 ± 10.06 ^{ab}
	GR ⁴	38.19 ± 3.34 ^c	29.78 ± 1.61 ^{bc}	18.02 ± 2.31 ^a	22.69 ± 4.60 ^{ab}
	DGR ⁵	7.72 ± 0.68 ^c	6.02 ± 1.09 ^{bc}	3.64 ± 0.33 ^a	4.59 ± 0.93 ^{ab}
	SGR ⁶	0.09 ± 0.01 ^b	0.07 ± 0.00 ^{ab}	0.05 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.01 ^a
Shell breadth	IMB ⁷	51.50 ± 6.32			
	FMB ⁸	69.67 ± 0.35 ^c	64.27 ± 1.12 ^b	59.13 ± 1.05 ^a	58.04 ± 3.08 ^a
	GR	35.86 ± 0.67 ^c	24.79 ± 2.18 ^b	14.82 ± 2.05 ^a	12.71 ± 5.97 ^a
	DGR	5.06 ± 0.09 ^c	3.50 ± 0.31 ^b	2.09 ± 0.29 ^a	1.79 ± 0.84 ^a
	SGR	0.08 ± 0.00 ^c	0.06 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.01 ^a
Total weight	IMW ⁹	49.20 ± 18.75			
	FMW ¹⁰	143.04 ± 5.68 ^b	131.39 ± 13.23 ^b	114.22 ± 12.35 ^{ab}	98.56 ± 10.99 ^a
	WG ¹¹	190.20 ± 11.53 ^b	166.56 ± 26.84 ^b	131.72 ± 25.06 ^{ab}	99.96 ± 22.29 ^a
	DWG ¹²	25.69 ± 1.56 ^b	22.49 ± 3.62 ^b	17.79 ± 3.38 ^{ab}	13.50 ± 3.01 ^a
	SWG ¹³	0.29 ± 0.01 ^b	0.27 ± 0.03 ^b	0.23 ± 0.03 ^{ab}	0.19 ± 0.03 ^a

¹Values (mean ± S.D of two replications) with a different Superscripts within the same row are significantly different ($P < 0.05$). ²Initial mean shell length. Unit is mm. ³Final mean shell length. Unit is mm. ⁴growth rate. Unit is %. ⁵Daily growth rate. Unit is %/day. ⁶Specific growth rate. Unit is %/day. ⁷Initial mean shell breadth. Unit is mm. ⁸Final mean shell breadth. Unit is mm. ⁹Initial mean total weight. Unit is g. ¹⁰Final mean total weight. Unit is g. ¹¹Weight gain. Unit is %. ¹²Daily weight gain. Unit is %/day. ¹³Specific weight gain. Unit is %/day.

합한 질 좋은 먹이를 최대 성장과 효율을 얻을 수 있도록 적정 사료공급 방법을 결정하는 것이 양식대상 어종의 생산성 향상을 위한 중요한 조건이다 (Ng *et al.*, 2000; Mihelakakis *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2012). 따라서 양식대상 종에 적합한 사료 공급체계가 확립되어 있지 않다면 사료가 과잉 또는 부족하게 공급되기 쉽고, 사료의 과잉공급은 사료의 유실 뿐만 아니라, 허실을 초래하여 경제적 손실과 수질 오염원을 증가시킨다. 반대로 사료 공급이 부족하게 되면, 어류 최대 성장에 필요한 영양소 요구량을 충족시키지 못하여 성장 저하를 초래할 수 있다 (Tsevis *et al.*, 1992; Azzaydi *et al.*, 2000). 여기에 먹이 공급시간, 공급횟수, 공급량 및 공급일수와 같은 먹이 공급 방법 역시 상업적인 양식장 운영의 성공여부에 많은 영향을 미치는 요인이라 할 수 있다 (Jobling *et al.*, 1995). 해상가두리에서 전복 양식 시 주로 생미역과 생다시마를 주로 공급하여 양성하며, 전복 먹이용 미역은 조기산의 경우 9월 중순경에 미역양식 시설을 하여 11월중순경부터 생미역을 채취하여 북방전복의 먹이로 이용하고 있으며, 후기산 미역의 경우 10월 중

순경에 미역 양식장을 시설하여 12월 초순부터 이듬해 3월 하순경 채취하여 북방전복의 먹이로 이용하고 있다. 대규모 양식장의 경우 관리선에 탑재된 크레인을 이용하여 가두리에 먹이를 공급하며, 생먹이가 공급되지 않는 시기에는 염장 미역 및 다시마, 건다시마를 공급하게 된다 (NFRDI, 2008). 본 연구가 수행된 해상가두리에서도 전복에 공급되는 먹이는 9월까지 생미역과 공급하고 있으며, 9월 이후 한 2달 정도 건다시마, 염장 미역 등을 공급하고, 11월부터 생미역으로 전환되고 있어 기존 양식순기에 따라 먹이공급이 이루어지고 있다. Kim *et al.* (2013; 2014) 은 각각 1년산 및 2년산 북방전복을 해상가두리에서 사육 시 미역, 다시마와 같은 생먹이 공급율이 낮을 수록 성장 및 생존율이 향상되며, 적정공급율은 어체중의 5-10%로 보고하였다. 본 연구에서도 3년산 북방전복 역시 먹이공급율이 낮을 수록 성장이 높게 나타난 것을 확인할 수 있으며, 역시 어체중의 5%가 적정 공급량으로 나타났다. 이러한 결과는 고수온기는 평상시와 동일하게 먹이를 공급한다면 먹지 않고 남은 먹이로 조류소통이 억제되어 사육환경이 악화되

면서 전복의 성장저하와 질병을 초래할 수 있어 (NFRDI, 2008), 남은 먹이로 인한 사육환경 악화가 영향을 미쳤을 가능성이 높은 걸 확인할 있다. 그러나 생존율에 있어서는 모든 실험구가 유의적 차이를 보이지 않았으며, 특히 생존율이 30% 이하로 나타나 이상의 북방전복의 생존율 향상을 위한 대책이 필요한 것으로 나타났다. 비록 5-10% 먹이공급이 수치적으로는 생존율이 높았지만, 북방전복의 해상가두리 내 3년 이상의 장기간 사육은 경제성을 고려한다면 심각하게 고려해야 할 수 있다. Yoon *et al.* (2004) 는 전복 해상가두리에서 주 폐사시기를 수온상승과 하강시기인 8월에서 11월중이며, 주 폐사원인으로는 박리 시 상처 발생, 먹이과다 투여에 따른 잔류 먹이의 부패, 전복 shelter 내부에 다량의 펄 침착에 의한 환경 악화 및 고 수온기 섭이부진에 따른 활력저하 등으로 지적하였고, 1년산 및 2년산 북방전복의 해상가두리 사육 시에서도 주 폐사원인 중 먹이과다 투여에 따른 잔류 먹이의 부패와 조류 소통의 방해로 인한 급격한 수질악화가 원인이 될 수 있다고 하였다 (Kim *et al.*, 2013; 2014). 그러나 3년산 북방전복을 해상가두리에서 사육 시에도 침적된 펄과 잔류먹이를 주기적으로 제거하여 대량 폐사를 방지하도록 하였지만, 생존율이 낮아 수질악화 외에 과식 등으로 인한 질병 발생과 3년이상 성장한 성패들의 유전적 열성 또는 환경 적응능력에서 폐사가 초래됐을 가능성도 배제될 수 없는 만큼 먹이공급율과 생존율에 대한 다각적인 검토가 필요하다.

요 약

본 연구는 3년산 북방전복의 해상가두리의 먹이공급비율에 따른 성장 및 생존율을 조사하여, 미역과 다시마등의 천연먹이의 적정 공급율을 제안하여 북방전복 성패의 생산성 향상을 유도하고자 실시하였다.

먹이공급율은 실험전복 어체중량을 기준으로 일간공급율 (daily feeding rate, DFR) 5, 10, 15, 20% (5 DFR, 10 DFR, 15 DFR, 20 DFR) 를 설정하여, 해상가두리에서 2반 복으로 13개월간 실시하였다. 해상가두리에서 사육한 전복 (최초 수용 시 평균각장 73.77 ± 11.27 mm) 성장에서 각장과 각폭의 성장율 (growth rate, GR), 일간성장율 (daily growth rate, DGR) 및 특수성장율 (specific growth rate, SGR) 과 체중의 증중률 (weight gain, WG), 일간증중률 (daily weight gain, DWG) 및 특수증중률 (specific weight gain, SWG), 그리고 생존율에서 5 DFR이 유의적으로 높았다 ($P < 0.05$). 생존율은 모든 실험구가 유의적 차이가 없었으며, 30% 이하로 나타났다. 따라서 3년산 북방전복을 해상가두리에서 사육 시 미역, 다시마 등의 생먹이의 일간 공급율은 어체중량의 5-10%에서 공급되는 것이 성장에 유리하지만, 생존율을 향상

시킬 수 있는 다각적 검토가 필요하다.

사 사

이 논문은 2016년도 국립수산물과학원 수산과학연구소 「전복 가두리양식 생산성 향상 및 표준화 연구 (R2016006)」의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Azzaydi M., Martines F.J., Zamora S., Sanchez-Valzquez and Madrid J.A. (2000) The influence of nocturnal vs. diurnal feeding condition under winter condition on growth and feed conversion of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L). *Aquaculture*, **182**: 329-338.
- 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.
- Jobling, M., Arnesen A.M., Baardvik B.M. Christiansen J.S. and Jørgensen E.H. (1995). Monitoring feeding behaviour and food intake; method and applications. *Aquaculture. Nut.*, **11**: 248-262.
- Kim, B.H., Park M.W., Kim T.I., Son M.H. and Lee S.W. (2013) A Study on the Optimum Stocking Density of the Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai* Net Cage Culture or Indoor Tank Culture. *Korean Journal of Malacology*, **29**(3): 189-195. (in Korean)
- Kim, B.H., Park M.W., Kim T.I., Son M.H. and Lee S.W. (2014) The Growth and Survival Rate of Juvenile Abalone, *Haliotis discus hannai* at Different Intermediate Culture Type in Net Cage of Indoor Tank. *Korea Journal of Malacology*, **30**(3): 235-242. (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*).
- 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.
- Kim, K.D., Kim K.W., Bae K.M., Son M.H. and An C.H. (2012) Effects of Different Numbers of Feeding days and Feeding Rate on Growth of Growing-out Flounder *Paralichthys olivaceus*. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, **45**(5): 523-526. (in Korean)
- KNSO (2014) 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.
- 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. *Invertebr. Reprod. Dev.*, **23**: 75-88.
- Mihelakakis A., Tsolkas C. and Yoshimatsu T. (2002) Optimization of feeding rate of hatchery-produced juvenile gilthead sea bream *Sparus aurata*. *J. World Aquacult. Soc.*, **33**: 169-175.
- 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. *J. of Appl. Phycol.*, **18**: 437-443.
- National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI) (2008) Standard Manual of Abalone Culture. NFRDI, Busan, Korea.
- Ng, W.K., Lu K.S., Hashim R. and Ali A. (2000) Effect of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. *Aquaculture International*, **8**: 19-29.
- 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)
- Tahil, A.S. and Juinio-Menez M.A. (1999) Natural diet, feeding periodicity and functional response to food density of th abalone, *Haliotis asinina* L. (Gstropoda). *Aquaculture Research*, **30**: 95-107.
- Tsevis N., Klaudatos S. and Conides A. (1992) Food conversion budget in sea bass *Dicentracus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns. *Aquaculture*, **101**: 293-304.
- 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.
- 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.