

사육밀도와 수온에 따른 자바리(*Epinephelus bruneus*)의 적응특성

양상근 · 지승철 · 문태석 · 손맹현¹ · 김경민¹ · 허성표² · 이치훈² · 이영돈^{2*}

국립수산과학원 미래양식연구센터, ¹국립수산과학원 남서해수산연구소, ²제주대학교 해양과학연구소

Adaptive Characteristics of the Longtooth Grouper *Epinephelus bruneus* according to Stocking Density and Water Temperature

Sang Geun Yang, Seung Cheol Ji, Tae Seok Moon, Maeng Hyun Son¹,
Kyong min Kim¹, Sung Pyo Hur², Chi Hoon Lee² and Young Don Lee^{2*}

Future Aquaculture Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Jeju 690-192, Korea

¹ Southwest Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-823, Korea

² Marine Science Institute, Jeju National University, Jeju 690-968, Korea

The aim of this study was to investigate the effects of stocking density and water temperature in the rearing of the longtooth grouper *Epinephelus bruneus*. Juvenile fish [mean body weight (BW)=6.9±1.1 g] were raised for 6 weeks, in four density groups of 0.25, 0.5, 0.75, and 1 individuals/L. There were no significant differences in weight gain (WG) or specific growth rate (SGR) among the density groups; however, both WG and SGR tended to be higher in the low density group. After 6 weeks of rearing in temperature-controlled water (23.6±0.8°C) and ambient temperature water (19.6±1.8°C), there were no significant differences in WG or SGR values, but both tended to be higher in the temperature controlled water. The feed efficiency (FE) and daily feed intake (DFI) and WG values were also higher in the temperature-controlled water than in the ambient temperature water. WG values were lower at lower water temperatures. The same pattern was observed for SGR, FE, and FI, all of which exhibited lower values at lower temperatures. In particular, WG, SGR, and FE values all tended to decrease at the 16°C water temperature. The effects of water temperature on 1-year fish (mean BW = 387.6±30.2 g) and 3-year fish (mean BW = 1,338.3±73.8 g) were similar to those of the juvenile fish (0-year fish).

Key words: Longtooth grouper, Density, Water temperature, Growth, Adaptive

서 론

자바리(*Epinephelus bruneus*)를 포함한 바리과 어류는 전 세계적으로 15속 약 159종이 보고되고 있으며, 서식지역은 대부분 아열대와 열대지방의 산호초가 발달한 해역과 암초지역에 서식한다(Heemstra and Randall, 1993). 바리과 어류는 육질이 좋아 고가에 거래되기 때문에 동북아시아 지역 및 동남아시아 지역에 새로운 양식대종으로 각광을 받고 있으며, 바리과 양식산업화를 위해 연구가 활발히 진행 중에 있다(Marte, 2003, Song et al., 2005).

한국에는 남해안과 제주도 연안에 자바리, 붉바리(*E. akaara*), 능성어(*E. septemfasciatus*)를 비롯한 11종이 분포하고 있다. 이

중 자바리는 최근에 자원이 급격히 감소하면서 종 보존 중요성이 대두되고 있으며, 고부가가치 수익을 올리는 새로운 양식 품종 및 방류 대상어종으로 연구가 진행되고 있다(Song et al., 2005). 그러나 한국을 비롯한 다른 여러 국가에서 자바리의 종묘생산기술이 개발되어 있음에도 불구하고 초기 성장단계에서 높은 폐사율로 인해 많은 문제점이 야기되고 있다(Sawada et al., 1999; Song et al., 2005). 이러한 문제점을 해결하기 위해서 최근에 자바리의 난 발생과 부화에 미치는 수온의 영향 및 사육 환경에 따른 산소소비와 같은 대사활성 변화(Yang et al., 2007, 2013)를 비롯해 자원관리 및 미래양식 응용 프로그램개발을 위한 유전자 마커 개발(Kang et al., 2013) 등 진행 되고 있으나 아직 미미한 실정이다.

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0847>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 47(6) 847-852, December 2014

Received 22 September 2014; Revised 4 November 2014; Accepted 13 November 2014

*Corresponding author: Tel: +82.64. 783. 9260 Fax: +82. 64.782. 8281

E-mail address: leemri@jejunu.ac.kr

양식산업은 한정된 사육 공간에서 대상어종을 고성장, 적정밀도로 건강하게 사육하여 단위면적당 생산량을 높이는 것이 경영면에서 중요하다. 이를 위해서는 양식대상 어종이 필요로 하는 적정 사육 환경을 유지시켜 주어야 한다. 특히 사육환경 중 수온은 수산동물의 성장, 면역, 성 성숙과 대사와 같은 생리학적 반응에 영향을 주는 중요한 요인이므로(Herzig and Winkler, 1986), 양식 대상 종의 치어를 생산하거나 양성하는데 있어서 우선적으로 적정 수온과 밀도 등 최적적응특성을 밝히는 것이 중요하다. 최근에 수온과 밀도에 따른 치어의 성장(Sun and Chen, 2014)과 수온 등의 사육환경이 어류의 성장에 미치는 생리적 변화에 대한 연구가 진행되고 있으며(Qiang et al., 2012), 이러한 연구결과를 바탕으로 양식산업에 활용되고 있지만 국내 사육환경에 적합한 연구는 아직까지도 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 새로운 고부가가치 양식대상 어종인 자바리의 상용화생산기술 개발을 목적으로 치어의 사육밀도 및 수온 등이 성장에 미치는 영향을 파악하여, 이 종의 최적 양식환경 조건을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

치어의 밀도 및 수온에 따른 특성조사의 실험어는 국립수산과학원 미래양식연구센터에서 생산한 치어(체중 6.9 ± 1.1 g)를 이용하였다.

밀도에 따른 치어의 성장 특성 조사는 수량 70 L인 PP 수조에 각각 0.25, 0.5, 0.75 및 1마리/L 실험구를 설정하여 2반복으로 실시하였다. 실험기간 동안 수온은 $22.7\text{--}23.8^\circ\text{C}$, 유수량은 5 L/min, 광조건은 조도 15 Lux에서 12시간 명기, 12시간 암기(L:D=12:12) 조건에서 6주간 사육하였다. 또한 액화산소를 이용하여 용존산소가 10.0-12.9 mg/L 범위가 되도록 유지하였다. 사육어의 사료공급은 상업용 EP 사료(유레카, 넘치 3호)를 1일 2회 만복이 되게 공급하였다.

수온에 따른 치어의 성장 특성 조사는 수량 70 L인 PP 수조에

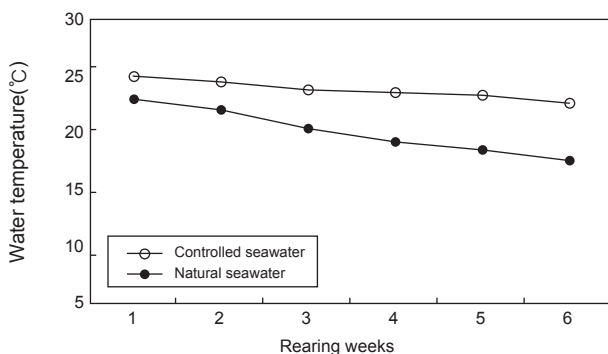


Fig. 1. Changes of water temperature during the experiment period of juvenile longtooth grouper *Epinephelus bruneus* under controlled seawater and natural seawater.

가온 및 자연해수 실험구에 각각 35마리씩 실험구별로 2반복으로 가온에 따른 성장 특성을 6주간 조사하였다. 실험기간 동안 사육수온은 가온해수 처리구($22\text{--}25^\circ\text{C}$) 및 자연해수 처리구($17\text{--}23^\circ\text{C}$)로 구분하고(Fig. 1), 유수량, 광조건, 용존산소 및 먹이 공급은 밀도 실험과 동일한 방법으로 수행하였다.

자연해수를 이용하여 사육 시기별 수온 변화에 따른 치어의 성장 특성을 조사하기 위해 실험어의 평균 체중이 19.7 ± 5.2 g (당년어, $n=120$)이었고, 대조구 I 은 387.6 ± 30.2 g (1년어, $n=60$), 대조구 II 는 $1,338.3 \pm 73.8$ g (3년어, $n=30$)을 사용하였다. 각 실험구별로 콘크리트 수조 8 m³에 수용하여 자연상태의 해수 조건에서 1개월 간격으로 수온 하강에 따른 성장 특성을 조사하였다. 본 실험 기간인 2013년 9월 9일부터 2014년 1월 10일까지의 사육수온의 변화는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 먹이공급은 1일 2회 만복이 되게 공급하였으며, 유수량은 1일 8회전이 되게 조절하였다.

성장률 조사를 위해 실험어는 MS-222 (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 이용하여 마취 후 체중을 측정하였다. 밀도 및 가온에 따른 성장 특성은 2주간격, 시기별 수온변화에 따른 성장 특성은 1개월 간격으로 전수조사를 하였다. 실험 종료 후 각 실험구별 증체률(weight gain, WG), 일간성장률(specific growth rate, SGR), 사료효율(feed efficiency, FE), 사료섭취률(daily feed intake, DFI), 생존율(survival) 및 비만도(condition factor, CF) 값을 계산하였다.

모든 결과의 통계처리는 SPSS-통계패키지(version 10.0)를 이용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test 평균값 간의 유의성을 검정($P<0.05$)하였다.

결 과

밀도에 따른 성장 특성

밀도에 따른 치어의 성장 특성을 조사한 결과(Table 1)에서, 생존율 및 비만도(CF)는 모든 실험구간에서 유사하였

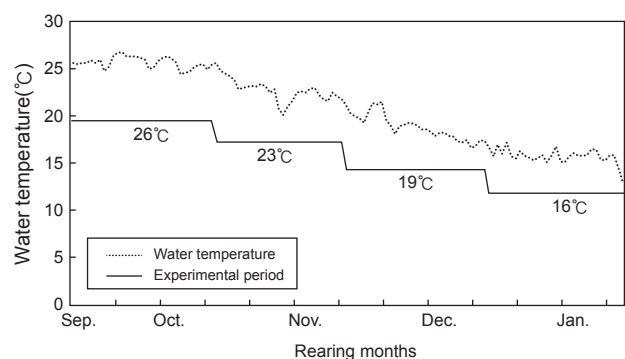


Fig. 2. The change of water temperature during the experiment period of longtooth grouper *Epinephelus bruneus* under natural water temperature.

Table 1. Growth performance of juvenile longtooth grouper *Epinephelus bruneus* with different density

	Stocking density (individual/L)			
	0.25	0.5	0.75	1
Initial body weight (g/fish)	7.08±0.12 ^{ns}	6.94±0.03	7.03±0.10	7.14±0.02
Final body weight (g/fish)	15.18±0.33 ^{ns}	14.09±1.10	13.10±0.44	13.05±0.35
Survival (%)	100 ^{ns}	100	100	100
Weight gain (%) ¹	108.98±0.55 ^{ns}	102.95±16.66	86.24±3.61	82.69±5.46
Specific growth rate (%) ²	1.8±0.01 ^{ns}	1.7±0.20	1.5±0.00	1.5±0.00
Feed efficiency (%) ³	77.5±5.59 ^{ns}	88.0±11.09	87.3±4.04	87.9±3.42
Daily feed intake (%) ⁴	2.2±0.08 ^c	1.9±0.02 ^b	1.7±0.01 ^{ab}	1.6±0.01 ^a
Condition factor ⁵	1.5±0.00 ^{ns}	1.5±0.00	1.5±0.00	1.5±0.00

Values (mean ± SE) in each row a different superscript are significantly different ($P < 0.05$). ns=values are not significant ($P > 0.05$). Values are means ± SE (n=2). ¹(Final fish wt. - initial fish wt.)×100/initial fish wt. ²[ln (final fish wt.) - ln (initial fish wt.)]×100/days of feeding. ³Wet weight gain × 100/feed intake. ⁴Feed intake × 100/[(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) × days reared/2]. ⁵[Fish weight (g)/fish length (cm)³]×100.

다($P > 0.05$). 최종 체중(FBW), 증체율(WG) 및 일간성장률(SGR)은 유의적인 차이는 없었지만($P > 0.05$), 밀도가 낮을수록 높은 값을 보였다. 사료효율(FE)은 0.5마리/L의 밀도에서 88.0±11.1%로 높았지만, 다른 밀도 실험구와 유의한 차이는 없었다. 사료섭취률(DFI)은 밀도가 낮을수록 높았다($P < 0.05$). 생존율은 모든 실험구에서 100%로 7 g 이상 종묘에서는 공식 등 다른 감모 요인이 없었다. 특히 증체율(WG)은 0.25마리/L와 0.5마리/L (109.0±0.6, 103.0±16.7%)에 비해 0.75마리/L와 1마리/L (86.2±3.6, 82.7±5.5%)에서 밀도가 낮을수록 증체율이 높은 경향을 보였다($P > 0.05$).

가온에 따른 성장 특성

가온에 따른 치어의 성장 특성을 조사한 결과(Table 2)는 가온과 자연해수 실험구에서의 증체율(WG)은 각각 102.3±15.7, 51.5±10.7%, 일간성장률(SGR)은 각각 1.7±0.2, 1.0±0.7%로 가온해수가 자연해수 보다 2배 정도 높았다($P > 0.05$). 사료효율(FE)과 사료섭취률(DFI)에서도 가온해수 실험구가 높았다($P < 0.05$). 생존율은 밀도 실험구와 같이 100%였고, 비만도(CF)에서는 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$).

시기별 수온 변화에 따른 성장 특성

자연해수의 시기별 수온 변화에 따른 치어의 성장 특성을 조사한 결과(Table 3)에서 생존율은 모든 실험구에서 100%이었다. 치어 단계인 0년어는 사육수온 26, 23, 19 및 16°C에서 증체율(WG)은 각각 105.8, 56.4, 9.4 및 -3.2%으로 수온이 낮을수록 낮아지는 경향이 뚜렷하였고, 0년어가 대조구인 1년어와 3년어에 비해 높았다. 특히 사육수온 26°C에서 1년어와 3년어가 각각 33.3와 15.9%에 비해 0년어가 105.8%로 높았다.

일간성장률(SGR)은 0년어가 각각 2.4, 1.5, 0.3 및 -0.1%으로 수온이 낮을수록 낮아지는 경향이 뚜렷하였고, 1년어와 3년어에 보다 높았다. 특히 사육수온 26°C에서 1년어와 3년어가 각각 1.0, 0.5%에 비해 0년어가 2.4%로 높았다.

사료효율(FE)은 0년어가 사육수온 26°C와 23°C에서 95.8와 96.8%로 비슷한 값을 나타낸 반면, 19°C에서는 26°C와 23°C에 비해 절반 정도로 낮은 42.9%였고, 16°C에서는 -42.1%로 가장 낮았다. 0년어가 1년어와 3년어에 비해 19°C 이상에서 높은 값을 보인 반면, 16°C에서는 0년어가 1년어에 비해 낮은 값을 보

Table 2. Growth performance of juvenile longtooth grouper *Epinephelus bruneus* at controlled seawater and natural seawater

	Experimental group	
	Controlled seawater (22-25°C)	Natural seawater (17-23°C)
Initial body weight (g/fish)	6.94±0.03 ^{ns}	7.03±0.06
Final body weight (g/fish)	14.09±1.10 ^{ns}	10.68±0.84
Survival (%)	100 ^{ns}	100
Weight gain (%) ¹	102.25±15.66 ^{ns}	51.46±10.74
Specific growth rate (%) ²	1.7±0.19 ^{ns}	1.0±0.17
Feed efficiency (%) ³	87.7±10.70 ^b	65.7±9.46 ^a
Daily feed intake (%) ⁴	1.9±0.04 ^b	1.3±0.12 ^a
Condition factor ⁵	1.5±0.07 ^{ns}	1.5±0.03

Values (mean ± SE) in each row a different superscript are significantly different ($P < 0.05$). ns=values are not significant ($P > 0.05$). Values are means ± SE (n=2). ¹(Final fish wt. - initial fish wt.)×100/initial fish wt. ²[ln (final fish wt.) - ln (initial fish wt.)]×100/days of feeding. ³Wet weight gain × 100/feed intake. ⁴Feed intake × 100/[(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) × days reared/2]. ⁵[Fish weight (g)/fish length (cm)³]×100.

Table 3. Growth performance of juvenile Longtooth grouper *Epinephelus bruneus* with body size and water temperature

	Experimental group			
	0-year old	1-year old	3-year old	
26°C	Initial body weight (g/fish)	19.71±5.09	387.45±30.21	1338.27±73.66
	Final body weight (g/fish)	40.56±11.69	516.39±46.06	1550.58±119.91
	Survival (%)	100	100	100
	Weight gain (%) ¹	105.77	33.28	15.87
	Specific growth rate (%) ²	2.4	1.0	0.5
	Feed efficiency (%) ³	95.8	74.9	65.6
	Daily feed intake (%) ⁴	2.3	1.2	0.7
	Condition factor ⁵	1.3	1.5	1.5
23°C	Initial body weight(g/fish)	40.56±11.69	516.39±46.06	1550.58±119.91
	Final body weight (g/fish)	63.45±19.31	559.38±56.71	1595.51±126.19
	Survival (%)	100	100	100
	Weight gain (%)	56.42	8.32	2.90
	Specific growth rate (%)	1.5	0.3	0.1
	Feed efficiency (%)	96.8	53.9	55.6
	Daily feed intake (%)	1.6	0.5	0.4
	Condition factor	1.4	1.6	1.6
19°C	Initial body weight (g/fish)	63.45±19.31	559.38±56.71	1595.51±126.19
	Final body weight (g/fish)	69.44±22.27	569.36±60.69	1583.17±125.54
	Survival (%)	100	100	100
	Weight gain (%)	9.44	1.79	-0.77
	Specific growth rate (%)	0.3	0.1	0.0
	Feed efficiency (%)	42.9	21.0	-14.4
	Daily feed intake (%)	0.7	0.3	0.2
	Condition factor	1.3	1.6	1.5
16°C	Initial body weight (g/fish)	69.44±22.27	569.36±60.69	1583.17±125.54
	Final body weight (g/fish)	67.22±21.55	564.06±58.53	1,549±122.45
	Survival (%)	100	100	100
	Weight gain (%)	-3.19	-0.93	-2.18
	Specific growth rate (%)	-0.1	0.0	-0.1
	Feed efficiency (%)	-42.1	-22.7	-84.6
	Daily feed intake (%)	0.3	0.1	0.1
	Condition factor	1.3	1.7	1.6

Values are means ± SD. ¹(Final fish wt. - initial fish wt.)×100/initial fish wt. ²[ln (final fish wt.) - ln (initial fish wt.)]×100/days of feeding. ³Wet weight gain × 100/feed intake. ⁴Feed intake × 100/[(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) × days reared/2]. ⁵[Fish weight (g)/fish length (cm)³]×100.

였다. 사육수온 26°C에서는 1년어와 3년어가 각각 74.9, 65.6%에 비해 0년어가 95.8%로 높았다.

사료섭취률(DFI)은 0년어가 각각 2.3, 1.6, 0.7 및 0.3%로 수온이 낮을수록 낮아지는 경향이 뚜렷하였고, 1년어와 3년어보다는 높은 값을 보였다. 특히 사육수온 26°C에서 1년어와 3년어가 각각 1.2, 0.7%에 비해 0년어가 2.3%로 2배 정도 높았다.

비만도(CF)는 0년어가 각각 1.3, 1.4, 1.3 및 1.3으로 수온에 따른 차이는 없었고, 1년어와 3년어에서는 각각 1.5-1.7, 1.5-1.6 범위로 유사하였다.

1년어와 3년어의 증체율(WG), 일간성장률(SGR), 사료섭취률(DFI) 및 사료효율(FE)의 변화는 0년어와 비슷한 결과로 수온이 낮아질수록 낮아지는 경향이였다. 특히 증체율(WG), 일

간성장률(SGR), 사료섭취률(DFI) 및 사료효율(FE)의 값은 어체 크기가 작을수록 높았다.

고 찰

어류 양식에서 최적사양관리는 사육수온과 밀도에 따른 성장과 사료효율 등 사육환경의 적응특성을 파악하는 것이 우선되어야 한다. 어류 사육에서 밀도가 높아짐에 따라 성장이 낮아지고 폐사율이 높아지는 현상은 대부분 공통된 현상이다(Trzebiatowski et al., 1981; Morrissy, 1992). 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 치어를 이용한 밀도 실험에서 사육 밀도가 증가됨에 따라 평균체중, 증체율, 사료효율 및 사료섭취률 등의 평균 값들이 감소하였다(Lee et al., 1996). 본 연구 결과에서 밀도에 따른 증체율은 0.25 및 0.5마리/L에서 각각 109.0 ± 0.6 , $103.0 \pm 16.7\%$, 0.75 및 1마리/L에서 각각 86.2 ± 3.6 , $82.7 \pm 5.5\%$ 로 밀도가 낮을수록 높은 결과를 보였고, 최종 체중, 일간성장률 및 사료섭취률에서도 쥐노래미 치어 사육밀도 실험과 같이 밀도가 낮을수록 높은 값은 보였지만, 총증중량은 0.25, 0.5, 0.75, 1.0마리/에서 각각 168.2 g, 269.1 g, 318.5 g, 452.9 g으로 사육밀도가 높을수록 총생산량은 높았다. Wallace et al. (1988)은 Arctic charr *Salvelinus alpinus*을 대상으로 크기별로 밀도 실험을 실시한 결과, 어체 크기가 작을수록 높은 밀도에서 성장이 높았다. 따라서 어체 크기에 따라 적정 사육밀도가 달라질 수 있어, 향후 자바리 최적 사육조건을 확립하기 위해서는 치어 및 성어의 적정 사육 밀도에 대한 양식경영 평가 등이 계속되어야 할 것이다.

사육환경 중 수온은 어류의 신진대사와 성장 등에 영향을 미치고, 어류의 생리적 기능은 수온의 영향에 의한 효소활성으로 조절된다(Tandler et al., 1989; Iwata et al., 1994). 자바리 치어를 수온이 23°C 이하로 내려가는 10월 하순부터 6주 동안에 자연수온구 보다 약 4°C 정도 높은 가온해수로 사육하였을 때 자연해수에 비해 증체율, 일간성장률, 사료효율 및 사료섭취률이 높았다. 특히 본 연구에서 가온해수가 수온이 내려가는 대조구에 비해 성장이 높게 나타나 성장만을 고려한다면, 가온에 의한 치어의 중간육성이 필요한 조건이라고 할 수 있다.

난류성 어종인 붉은 썸뱅이(*Sebastiscus tertius*)치어의 경우 23°C에서 최대성장이 유도 되었으나 26°C 이상의 고수온에서는 섭식과 성장이 저하되었고(Kim et al., 1999), 홍민어(*Sciaenops ocellatus*)인 경우 수온 26°C에서 빠르게 성장하였고, 20°C에서는 성장률과 섭식률이 가장 낮았다(Choi et al., 2002). 본 연구에서 0, 1, 3년어 자바리를 대상으로 시기별 수온 변화에 따른 적응특성을 조사한 결과, 사육수온 26, 23, 19 및 16°C에서 증체율, 일간성장률, 사료효율 및 사료섭취률은 수온이 낮을수록 낮아지는 유사한 경향을 나타내었다. 특히 이들 값이 수온 19°C에서 낮아지기 시작하여 16°C에서는 증체율, 일간성장률 및 사료효율에서는 마이너스(-)의 값을 가졌다. 어종에 따라 성장에 적합한 수온이 다르고 적정 수온의 범위 내에서 수온이 높을수록 성장률이 높아지고 한계수온에 이르면 성장이 저하된다

(Choi et al., 2002). 이 연구에서 자바리의 경우 사육수온 16°C에서 마이너스 성장과 사료효율은 아열대성 어종으로서 생체대사유지에 많은 에너지가 소요된 결과로 사료된다.

홍민어의 일간성장률은 26, 23 및 20°C 순으로 수온이 높을수록 빠른 성장을 하였고, 일간섭식률에서도 26°C에서 가장 높았다(Choi et al., 2002). Orange-spotted grouper *Epinephelus coioides*의 14.8-281.4 g을 대상으로 17, 21, 25 및 35°C 성장 실험에서 전반적으로 25, 30 및 35°C에서 성장이 좋았고, 최적 성장 수온은 31.4°C이었다(Xiangzhi et al., 2008). Horning and Pearson (1973)은 어체가 수온변화에 적응할 때 중요한 요인은 광주기와 적응온도로서, 고수온에 적응된 어류는 저수온에 약하고, 저수온에 적응된 어류는 고수온에 약하다고 하였다. 자바리는 수온 15°C에서 산소소비량이 적고, 명암기의 산소소비량 차이가 없었지만, 수온 25°C에서는 산소소비량이 많고, 명암기의 산소소비량이 확연한 차이를 보여, 이 종은 고수온에 적응된 어종이며, 수온 25°C 이상에서 정상적인 대사활동을 하는 아열대 및 열대성 주간활동형 어종으로 보고하고 있다(Yang et al., 2013). 본 연구에서도 자바리 치어의 성장은 26°C에서 높은 성장률을 가져서, 앞으로 사육수온 26°C 이상의 실험을 통하여 최적 성장 수온 구멍이 요구된다.

자바리 양식은 상용화 크기까지 양성기간이 길어 양식기간을 단축하지 않으면 다른 어종의 양식에 비해 경쟁력이 없는 실정이다. 본 연구에서 자바리는 치어 단계부터는 공식, 질병 등에 대한 감도가 없었어, 앞으로 적정 사육수온 조건으로 양성기간을 단축하고 열이용 히트펌프 시스템과 산소발생기 등의 사육 시스템 구축 등으로 양식 경영개선이 선행된다면 육상수조의 적정 양식이 가능할 것으로 전망이 된다.

사 사

본 연구는 국립수산물연구원 수산시험연구비로 수행된 연구결과(RP-2014-AQ-109)이며, 실험 및 자료 분석에 많은 도움을 주신 국립수산물연구원 정민환 박사, 윤근현 연구원께 감사드립니다.

References

- Choi YU, Rho S and Lee YD. 2002. Effect of water temperature and stocking density on growth of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. J Aquacult 15, 131-138.
- Heemstra PC and Randall JE. 1993. FAO Species Catalogue. Groupers of the world (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. Rome: FAO. FAO Fish Synopsis 125, 382.
- Herzig A and Winkler H. 1986. The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes, *Aramis brama*, *Chalcalburnus chalcoides mento* and *Vimba bimba*.

- J Fish Biol 28, 171-181.
- Horning WBI and Pearson RE. 1973. Growth temperature requirement and lower lethal temperature for juvenile smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*). J Fish Res Bd Can 30, 1226-1230.
- Iwata N, Kikuchi K, Honda H, Kiyono M and Kurokura H. 1994. Effects of temperature on the growth of Japanese flounder. Fish Sci 60, 527-531.
- Kang JH, Yang SG, Moon TS, Park JY and Choi TJ. 2013. Development of microsatellite markers for the kelp grouper *Epinephelus bruneus* by 454 pyrosequencing and transfer to related species. Genet Mol Res 12, 5485-5493.
- Kim KS, Kim SK, Kim CW and Hur SB. 1999. Water temperature, rearing density and feeding rate on growth and survival rate of red marbled rockfish, *Sebastes tertius* larvae. J Aquacult 12, 213-220.
- Lee JK, Kim SC and Lee SM. 1996. Influence of stocking density on growth, feed efficiency and body composition of juvenile Fat cod (*Hexagrammos otakii* Jordan et Starks) in indoor culture system. J Aquacult 9, 233-237.
- Marte CL. 2003. Larviculture of marine species in Southeast Asia: current research and industry prospects. Aquaculture 227, 293-304.
- Morrissy NM. 1992. Density-dependent pond grow out of single year-class cohorts of a freshwater crayfish *Cherax tenuimanus* (Smith) to two years of age. J World Aquacult Soc 23, 154-168.
- Qiang J, Yang H, Wang H, Kpundeh MD and Xu P. 2012. Growth and IGF-I response of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to changes in water temperature and dietary protein level. J Ther Bio 37, 686-695.
- Sawada Y, Kato K, Okada T and Kurata M. 1999. Growth and morphological development of larval and juvenile *Epinephelus bruneus* (Perciformes: Serranidae). Ichthyol Res 46, 245-257.
- Song YB, Oh SR, Seo JP and Ji BG. 2005. Larval development and rearing of longtooth grouper *Epinephelus bruneus* in Jeju Island, Korea. J World Aquacult Soc 36, 209-216.
- Sun L and Chen H. 2014. Effects of water temperature and fish size on growth and bioenergetics of cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture 426-427, 172-180.
- Tandler A, Harel, Wilks M, Levinson A, Brickell L, Christie S, Avital E and Barr Y. 1989. Effects of environmental temperature on survival, growth and population structure in the mass rearing of the gilthead seabream, *Sparus aurata*. Aquaculture 78, 277-284.
- Trzebiatowski R, Filipiak J and Jakubowski R. 1981. Effect of stock density on growth and survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich). Aquaculture 22, 289-295.
- Wallace JC, Kolbeinshavn AG and Reinsnes TG. 1988. The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L). Aquaculture 73, 101-110.
- Xiangzhi L, Shouqi X, Yongquan S and Yibo C. 2008. Optimum temperature for the growth performance of juvenile Orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides* H.). Chin j Oceanol Limnol 26, 69-75.
- Yang MH, Choi YU, Jung MM, Ku HD, Oh BS, Moon TS, Lee OH, Kim KM and Han SJ. 2007. Temperature effect in egg development and hatching of Longtooth grouper, *Epinephelus bruneus*. Dev Reprod 11, 105-109.
- Yang SG, Ji SC, Moon TS, Kim KM and Jeong MH. 2013. Effects of oxygen consumption in the Longtooth grouper, *Epinephelus bruneus* with water temperature, photoperiod and population density. Kor J fish Aquat Sci 46, 195-200.