

황점볼락, *Sebastes oblongus*의 자·치어 성장과 생존에 미치는 수온, 사육밀도와 먹이공급 횟수의 영향

윤성종* · 김대현 · 황형규 · 송기철¹ · 김영철²

국립수산과학원 남해수산연구소, ¹국립수산과학원 서해수산연구소,
²부경대학교 양식학과

Effects of Water Temperature, Stocking Density and Feeding Frequency on Survival and Growth in the Oblong Rockfish *Sebastes oblongus* Larvae

Seong Jong Yoon*, Dae Hyun, Kim, Hyung Gue Hwang,
Gi Chul Song¹ and Young-Chul Kim²

South sea regional fisheries institute, NFRDI, Yeosu 556-823, Rep. of Korea

¹West sea regional fisheries institute, NFRDI, In cheon 400-420, Rep. of Korea

²Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Rep. of Korea

The oblong rockfish, *Sebastes oblongus* has recently drawn attention from aquaculturists because of its marketable value and tolerance against winter water temperature in the southern coastal waters of the Korean peninsula.

In the study of temperature effect on growth, water temperature 16°C showed best growth. The upper temperature of the fish showed feeding activity was 27°C over which the fish showed no longer feeding activity. Stocking density was also a critical factor affecting the growth and survival of the juvenile fish. The best growth was in the density of 200 juveniles/L, while the highest survival was in the density of 100 juveniles/L. A feeding experiment was conducted to determine the effects of feeding frequency on growth and survival. A feeding scheme of twice a day was good enough in the sense of growth, survival, and economy. These results indicate that parameters such as water temperature, density, tank size and feeding frequency are consideration for best seed production of the fish.

Key words : *Sebastes oblongus*, water temperature, rearing density, feeding frequency

서 론

해산어류의 초기 자·치어의 사육을 위해서는 그 어종이 필요로 하는 적정 사육 환경을 유지시켜주는 것이

매우 중요하다. 사육 환경 중에서도 온도는 동물의 대사 과정, 온도적응성과 같은 생리 화학적 반응에 영향을 주는 중요한 요인이다 (Murray, 1971). 특히, 수온은 어류와 같은 변온동물의 대사에 크게 영향을 미치므로 (Fry, 1971; Hunter, 1981; Herzig and Winkler, 1986) 양식 종의 종묘를 생산하거나 양성하는데 있어서 우선적으로 적정 수온을 밝히는 것이 매우 중요하다.

*Corresponding author: sj7750@hanmail.net

한편, 한정된 공간에서 대상어종의 성장을 정상으로 유지하면서 사육 밀도를 최대로 하는 것은 단위 면적당 생산량을 높이지게 하므로 경영면에서 아주 중요하다. 특히, 우리나라와 같이 양식에 이용할 수 있는 면적이 좁은 상황에서는 고밀도 양식이 불가피하기 때문에 양식 대상 어종의 적정 사육 밀도를 구명하는 것은 매우 시급한 과제 중의 하나이다.

어류 양식에 있어 사료는 양식장 환경, 질병과 함께 기본적으로 고려되어야 할 요인이다. 양식장 환경이나 질병은 양식기간 중에 인위적으로 쉽게 조절되지 않지만, 사료공급은 양식 어업인이 적절히 선택하여 조절할 수 있으므로 양식 성공의 열쇠가 될 수 있는 중요한 변수이다. Brown (1957)은 이러한 외부 의존적인 변수들 중에서 어류의 체내 대사과 성장에 영향을 미치는 가장 큰 요인은 사료라고 지적하고 있다. 또한, 효율적인 양식생산을 위하여 생산비용의 최소화과 사료공급체계를 설정하는 것이 매우 중요하다. 사료는 양식생산단계에서 매우 높은 비중을 차지하므로 저렴하면서 사료효율이 높은 것을 선택하여야 하며, 최적성장과 소화능력을 고려한 적정 공급량 및 적정 공급횟수 조절 등으로 과잉공급에 의한 경제적 손실과 수질오염을 최소화시켜야 할 것이다.

블락류에 대한 사료공급 및 소화능력에 관한 연구로는 조피블락(명, 1999), 붉은쏨뱅이(김, 2001)의 보고가 있으나, 황점블락의 사료공급에 관한 연구는 매우 부족하므로 이에 관한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 황점블락 자·치어의 사육 기술 개발을 위한 최적 사육 환경을 구명하기 위해 수온, 사육 밀도 그리고 사료 투여 횟수 등이 자·치어의 성장과 생존율에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 적정 수온

실험어는 각각 FRP 250 L 수조(수량 200 L)에 평균 전장 2.0 ± 0.3 cm, 평균 체중 0.16 ± 0.02 g 전후의 치어를 각각 100마리씩 수용하여, 염분 33.2~33.7 psu에서 사육하였다. 실험수온은 16, 18 그리고 20°C 구간으로 설정하여 60일간 사육하였다. 먹이는 1일 2회(10:00, 19:00) 반복공급 하였다. 측정은 1개월 간격으로 전장, 체중을 측정하였고, 바닥 청소 시 바닥의 사체를 모아 생존율을 환산하였다.

양식 시 고수온에 대한 영향을 구명하기 위하여 자연 수온(20~22°C) 조건에서 사육한 치어 마리를 23°C에 7일간 순응시킨 후 26~32°C(1°C 간격)로 7개의 실험구

를 설정하였고, 2반복으로 10일간 실시하였다. 실험어는 2004년산 치어(전장 9.6 ± 0.9 cm, 체중 15.8 ± 6.9 g)를 250 L 원형 FRP 수조에 각각 40마리씩 수용하여 생존율, 치사시간(LT₁₀, LT₅₀, LT₉₀), 먹이섭취 반응을 조사하였다.

2. 사육밀도

본 실험에 사용된 실험어는 국립수산물과학원 여수시험포에서 사육 중이던 평균 전장 5.5 ± 0.2 cm, 평균 체중 3.1 ± 0.6 g 치어를 대상으로, 250 L FRP 수조(수량 200 L)에 0.5마리/L, 0.75마리/L, 1마리/L, 1.25마리/L씩 각각 2반복 수용하여, 수온 15.2~26.3°C, 염분 29.2~33.7 psu, 유수식(5 L/min) 조건에서 150일간 사육하였다. 먹이공급은 1일 2회(10:00, 19:00)로 나누어서 반복공급 하였으며, 1개월 간격으로 전장과 체중을 측정하였고, 생존율은 폐사개체 수로 환산하였다.

3. 사료 공급 횟수

사료 공급 횟수에 따른 실험은 250 L 원형 실험수조에 평균 전장 4.8 ± 0.3 cm, 평균 체중 2.4 ± 0.3 g의 치어를 각각 80마리씩 수용하여, 각 실험구는 1일 1회(10:00, F1), 1일 2회(10:00, 19:00, F2), 1일 3회(10:00, 13:00, 19:00, F3), 1일 4회(10:00, 13:00, 16:00, 19:00, F4)의 사료 공급구로 구분하여 12주간 2회 반복 실험하였다. 사육수온은 자연수온으로 22.2~24.2°C 범위였고, 5 L/min씩 유수시켰으며, 사료는 전 실험구의 실험어 체중 5%를 기준으로 동일하게 공급하였다. 측정은 4주 간격으로 전장과 체중을 측정하였고, 생존율은 폐사개체 수로 환산하였다. 시험기간 동안 광주기는 12L/12D(12 hours of light followed by 12 hours of dark photoperiod) 조건을 유지하였다. 한편 사육수의 용존산소와 PO₄-P, NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N의 농도는 DO 병에 고정된 후 해양환경공정시험방법에 따라 분석하였으며(해양수산부, 2005), 용존산소 7.1~7.8 mg/L 범위였고, PO₄-P, NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N의 농도는 각각 0.45~0.94, 0.14~0.27, 9.54~14.00, 1.81~6.09 범위였다.

실험결과는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다.

결 과

1. 적정 수온

수온에 따른 전장의 변화는 실험시작 시 평균전장 2.0

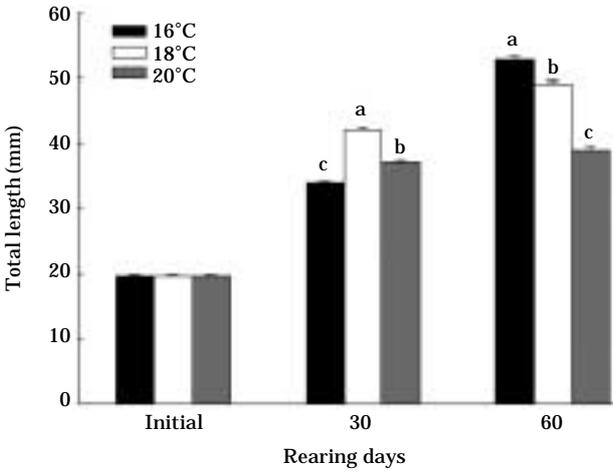


Fig. 1. Change in total length of *S. oblongus* at three different water temperatures. Values (mean±SD) with different letters are significantly different ($P<0.05$, $n=20$).

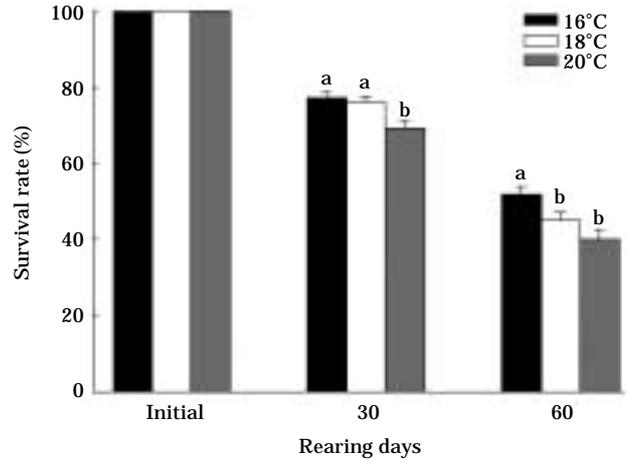


Fig. 3. Change in survival rate of *S. oblongus* at three different water temperatures. Values (mean±SD) with different letters are significantly different ($P<0.05$, $n=20$).

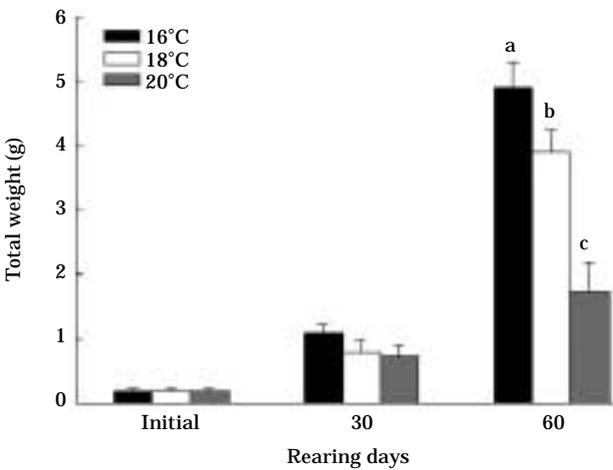


Fig. 2. Change in body weight of *S. oblongus* at three different water temperatures. Values (mean±SD) with different letters are significantly different ($P<0.05$, $n=20$).

±0.3 cm였으나, 실험종료 시 16.0°C 실험구가 5.3±0.3 cm로 나타나 성장이 가장 빠르게 ($P<0.05$) 나타났다 (Fig. 1). 체중의 변화는 실험시작 시 평균체중 0.2±0.03 g이었으나, 실험종료 시에는 16.0°C 실험구가 4.9±0.4 g으로 가장 성장이 빨랐으며, 수온 20.0°C 실험구가 1.7±0.2 g으로 가장 낮은 값을 보였다 (Fig. 2). 실험종료 시 최종 생존율은 16.0°C 실험구가 55% 전후로 가장 높았으며 ($P<0.05$), 20.0°C 실험구가 40% 전후로 나타나 가장 낮은 생존율을 보였다 (Fig. 3).

Table 1. LT and feeding activity of *S. oblongus* exposed to different high temperatures

Exp.	Exposure at higher temperature (°C)						
	26	27	28	29	30	31	32
LT ₁₀	-	-	-	167 hr	132 hr	4 hr	0.75 hr
LT ₅₀	-	-	-	204 hr	184 hr	6.5 hr	1.67 hr
LT ₉₀	-	-	-	-	230 hr	9 hr	3 hr
Feeding activity							
6 hr	active	-	-	-	-	-	-
12 hr	active	little	-	-	-	-	-
24 hr	active	active	little	-	-	-	-

2. 고수온 노출

23°C에 순응시킨 후 순간적으로 29, 30, 31 그리고 32°C에 노출 시켰을 때 반수치사 시간은 각각 204시간, 184시간, 6시간 30분 및 1시간 40분이었고, 28°C 이하에서는 10일 동안 반수치사에 이르지 않았다 (Table 1). 그리고 먹이섭취반응은 26.0, 27.0°C 실험구에서는 24시간 경과 시에도 먹이섭취반응이 활발하였으나, 28°C 실험구에서는 먹이섭취반응 12시간 경과 시까지는 전혀 섭식반응이 없었으나, 24시간 경과 시 미약한 먹이섭취반응을 보였다.

3. 밀도

실험시작 시 평균 전장 55.3±0.2 mm으로, 실험 개시 후 30일째부터 성장 차이를 보이기 시작하여, 60일 이후부터는 실험구 L 당 1마리를 수용한 구간이 78.2±2.3

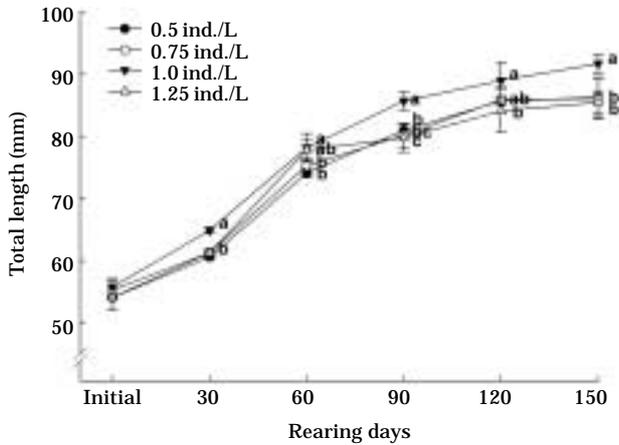


Fig. 4. Change in total length of *S. oblongus* at four different densities for five months. Values (mean \pm SD) with different letters are significantly different ($P < 0.05$, $n = 20$).

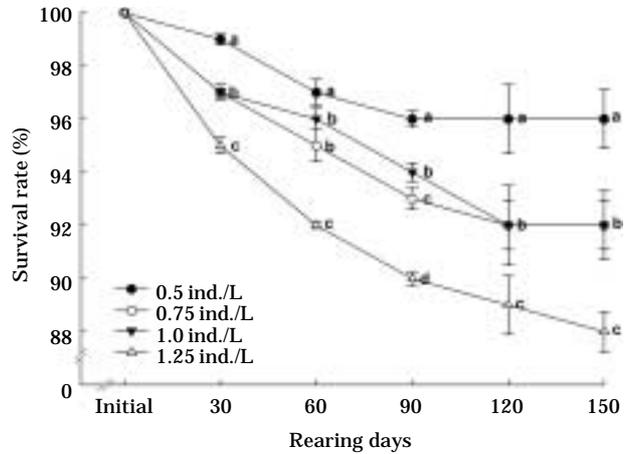


Fig. 6. Change in survival rate of *S. oblongus* at four different densities for five months. Values (mean \pm SD) with different letters are significantly different ($P < 0.05$, $n = 20$).

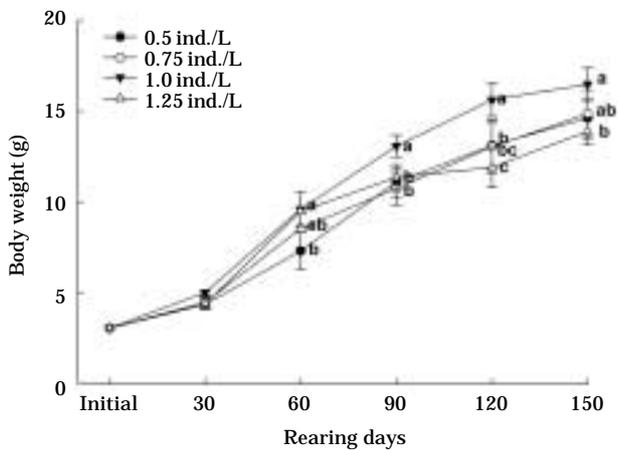


Fig. 5. Change in body weight of *S. oblongus* at four different densities for five months. Values (mean \pm SD) with different letters are significantly different ($P < 0.05$, $n = 20$).

mm, 0.5마리/L를 수용한 구간이 74.1 ± 0.7 mm로 차이를 보이기 시작하여 90일째 이후부터는 뚜렷한 성장 차이를 보였다. 실험종료 시에는 1마리/L를 수용한 실험구가 89.0 ± 2.9 mm으로써 가장 성장이 빨랐으며, 가장 고밀도인 1.25마리/L 실험구가 84.1 ± 3.4 mm으로 성장이 가장 늦은 것 ($P < 0.05$)으로 나타났다 (Fig. 4).

실험시작 시 평균 체중 3.1 ± 0.6 g으로, 실험 개시 후 30일째부터 성장 차이를 보이기 시작하여, 약 60일 이후부터는 실험구 1마리/L를 수용한 구간이 9.6 ± 0.6 g, 0.5마리/L를 수용한 구간이 7.3 ± 0.1 g으로 차이를 보이기 시작하여 90일째 이후부터는 뚜렷한 성장 차이를 보였

다. 실험종료 시에는 1마리/L를 수용한 실험구가 16.5 ± 1.3 g으로써 가장 성장이 빨랐으며, 가장 고밀도인 1.25마리/L 실험구가 13.6 ± 1.4 g으로 성장이 가장 늦은 것 ($P < 0.05$)으로 나타났다 (Fig. 5).

생존율은 사육밀도가 높아짐에 따라 낮아지는 경향을 보였다. 실험 개시 초기에 1.25마리/L 실험구가 60일째까지 92%로 가장 낮았고, 가장 저밀도인 0.5마리/L 실험구는 90일 이후부터 폐사가 나타나지 않았으며, 다른 실험구에 비하여 96%의 전후의 생존율을 나타내어 가장 높은 값을 보였다 (Fig. 6).

4. 사료 공급 횟수

사료 공급 횟수에 따른 실험결과, 실험 시작시 평균전장 4.8 ± 0.3 cm였으며, 실험 종료시 1일 2회 (10:00, 19:00) 사료를 공급한 F2 실험구에서 6.6 ± 0.5 cm로 가장 좋은 성장을 보였고 1일 3회 (10:00, 13:00, 19:00)의 F3 실험구와 1일 4회 (10:00, 13:00, 16:00, 19:00) 공급한 F4에서도 좋은 성장을 보였다 (Fig. 7).

실험 시작시 평균 체중은 2.4 g이었으나, 실험 종료시 전장과 마찬가지로 체중 역시 1일 2회 공급한 F2 실험구에서 6.0 ± 0.9 g으로 가장 높은 값을 보였으며, 1일 1회 (10:00) 공급한 F1 실험구에서 3.1 ± 0.8 g으로 가장 낮은 값을 보였다 (Fig. 8).

생존율은 1일 2회 공급한 F2 실험구에서 $72.5 \pm 0\%$ 로 가장 높게 나타났으며, 다른 실험구에서는 65% 내외의 비슷한 생존율을 보였다 (Fig. 9).

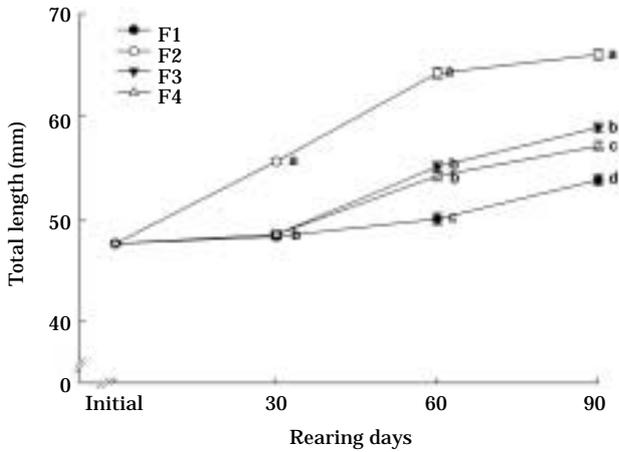


Fig. 7. Change in total length of *S. oblongus* at four feeding frequency. Values (mean±SD) with different letters are significantly different ($P<0.05$, $n=20$).

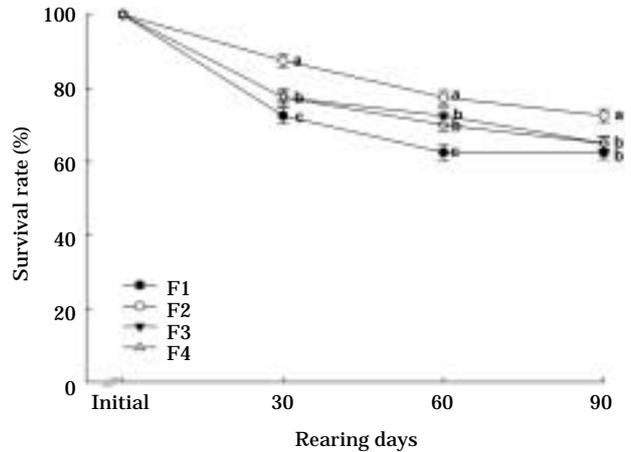


Fig. 9. Change in survival rate of *S. oblongus* at four feeding frequency. Values (mean±SD) with different letters are significantly different ($P<0.05$, $n=20$).

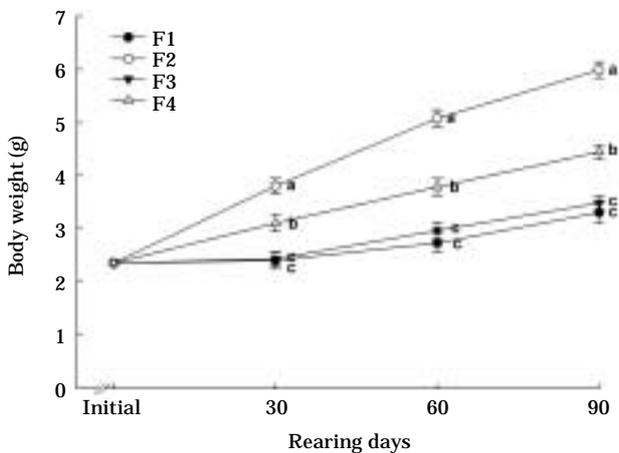


Fig. 8. Change in body weight of *S. oblongus* at four feeding frequency. Values (mean±SD) with different letters are significantly different ($P<0.05$, $n=20$).

고찰

황점볼락 치어의 성장과 생존은 사육 수온이 16.0°C에서 가장 높은 성장과 생존율을 나타낸 ($P<0.05$) 반면, 18°C부터는 점차 성장이 둔화되고 생존율 또한 다소 낮아지는 결과를 보임으로써 본 종의 양성은 가을부터 봄까지 수온 18°C 이하인 시기가 적합한 것으로 판단되었다. 한편, 고수온 노출 실험에서 먹이섭취 반응은 28°C 실험구에서 먹이섭취반응이 미약하였으나, 27°C 이하의 실험구에서는 비교적 활발한 경향을 보여 주었다. 따라서 여름철에도 27°C 이하를 유지할 수 있는 지역에서는 양성에 큰 어려움이 없을 것으로 사료된다. 하지만 이러

한 고수온이 지속되는 시기가 길어지는 지역에서는 본 연구의 반수치사 시험 결과를 고려할 필요가 있다. 한편 사육밀도의 경우 밀도가 높아짐에 따라 성장이 낮아지고 폐사율이 높아지는 현상은 다른 어종에서도 공통된 현상이다 (Kincaid *et al.*, 1976; Trzebiatowski *et al.*, 1981; Mills and McCloud, 1983; Morrissy, 1992; Brown *et al.*, 1995; McClain, 1995). 하지만 성장에 관계없이 송어와 연어에 있어서 낮은 밀도에서 오히려 폐사율이 높아진다는 결과 (Refstie and Kittelsen, 1976; Refstie, 1977; Wallace *et al.*, 1988)도 있다. 이러한 차이는 어종의 서식 환경이나 특성이 다르기 때문으로 생각된다. 한편 적정 사육밀도는 어체의 크기에 따라 달라진다는 연구결과들도 보고 되어있다. Wallace *et al.* (1988)은 Arctic charr, *Salvelinus alpinus*을 대상으로 크기별로 밀도 실험을 실시한 결과, 어체 크기가 작을수록 높은 밀도에서 성장이 좋아지는 것을 발견하였다. 따라서 사육밀도가 어체 크기에 따라 달라질 가능성을 감안하여 앞으로 황점볼락의 양식 발전을 위해서는 아주 어린 치어단계에서부터 성어에 이르기까지의 적정 사육밀도가 계속 연구되어야 할 것이다. 이 외에도 적정 사육밀도에 영향을 미칠 수 있는 요인으로서 생각할 수 있는 것은 사육 환경에 대한 stress이다. 여기에는 사육 수조의 크기 및 형태, 유수량, 수질, handling 등 여러 가지 요인을 들 수 있는데, 예를 들어 사육 수조의 용적이 작을수록 수용된 어류의 활동 범위가 좁아지므로 stress는 상대적으로 높아질 것으로 예상된다. 따라서 모든 실험에서는 실험어가 최대한 안정된 상태를 유지할 수 있도록 stress에 영향을 줄 수 있는 요인들(유수량, 산소 공급, 주위 환경 등)을 고려하여야 할 것으로 생각된다. 본 연구 결과에

서는 전장 9cm 이하의 개체들은 L 당 1마리 이내로 밀도를 유지한 구간에서 높은 성장과 생존율을 나타내었다.

사료공급 횟수 실험에서는 2회 실험구에서 성장이 가장 좋은 것으로 나타났는데, 사료공급 횟수에 따라 장내의 소화, 흡수 속도의 차이 및 성장에 미치는 영양소의 이용 효율 등이 다를 것으로 생각되므로 다각적인 방법의 검토가 있어야 될 것으로 사료된다. 최근의 인건비의 상승현상과 더불어 양식어의 판매가격이 하락하고 있는 추세이고, 양식생산에 과잉으로 소요되는 비용을 줄이는 합리적인 양식 경영이 필요한 실정임을 감안할 때, 기존의 1일 4회 투여하는 것보다 1일 2회 투여하는 것이 경제적으로나 인력적인 면에서 경제적 효과를 가져 올 것으로 판단된다.

적 요

수온 내성에서 적정 수온과 고수온 노출시의 변화를 살펴본 결과, 적정 수온에서 황점볼락 치어 사육 시 수온에 따른 성장 시험은 사육수온 16.0°C에서 성장이 좋게 나타났으며 ($P < 0.05$), 고수온 노출 실험에서 먹이섭취반응은 28°C 실험구에서 먹이섭취반응이 미약하였으나, 27°C 이하의 실험구에서는 비교적 활발한 경향을 보여 주었다. 밀도별 실험에서 성장은 실험개시 후 30일째부터 성장 차이를 보이기 시작하여, 실험종료 시에는 L 당 1마리 수용한 실험구가 가장 성장이 빨랐으며, 반면 가장 고밀도인 250마리 실험구가 성장이 가장 늦게 나타났다 ($P < 0.05$). 생존율은 사육밀도가 높아짐에 따라 낮아지는 경향을 보였다. 사료 공급 횟수는 1일 2회 (10:00, 19:00) 사료를 공급한 실험구에서 가장 좋은 성장을 보였고 ($P < 0.05$), 생존율도 다른 실험구보다 좋은 72.5%의 결과를 보여주었다.

인 용 문 헌

- 김광수. 2001. 붉은쏨뱅이, *Sebastes tertius* 번식주기와 종묘생산. 부경대학교 대학원 박사학위 논문, 99pp.
- 명정인. 1999. 조피볼락, *Sebastes schlegeli* 번식주기와 종묘생산. 부경대학교 대학원 박사학위 논문, 99pp.
- 해양수산부. 2005. 해양환경공정시험방법, 400pp.
- Brown, P.B., K.A. Willson, J.E. Wetzel and B. Hoene. 1995. Increased densities result in reduced weight gain of crayfish *Orconectes virilis*. J. World Aquacult. Soc., 26 :

- 165~171.
- Brown, M.E. 1957. Experimental studies on growth. In: M.E. Brown (Ed.). The Physiology of Fishes. Vol. I. Academic Press, New York, pp. 361~400.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple-range test and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1~42.
- Fry, F.E.J. 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish. In: W.S. Hoar and D.J. Randall (eds), Fish Physiology Vol. IV. Academic Press, New York, U.S.A., pp. 1~98.
- Herzig, A. and H. Winkler. 1986. The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes, *Aramis brama*, *Chalcalburnus chacooides mento* and *Vimba bimba*. J. Fish. Biol., 28 : 171~181.
- Hunter, J.R. 1981. Feeding ecology and predation of marine fish larvae. In: R. Lasker (Editor), Marine fish larvae. Washington sea grant, Seattle, U.S.A., pp. 33~77.
- Kincaid, H.L., W.R. Bridges, A.E. Thomas and M.J. Donahoo. 1976. Rearing capacity of circular containers of different sizes for fry and fingerling rainbow trout. Prog. Fish-cult., 38 : 11~17.
- McClain, W.R. 1995. Growth of crawfish *Procambarus clarkii* as a function of density and food resources. J. World Aquacult. Soc., 26 : 24~28.
- Mills, B.J. and P.I. McCloud. 1983. Effects of stocking and feeding rates on experimental pond production of the crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda: Parastacidae). Aquaculture, 34 : 51~72.
- Morrissy, N.M. 1992. Density-dependent pond growout of single year-class cohorts of a freshwater crayfish *Cherax tenuimanus* (Smith) to two years of age. J. World Aquacult. Soc., 23 : 154~168.
- Murray, R.W. 1971. Temperature receptors. In: W. S. Hoar and D.J. Randall (Editors), Fish physiology, Vol. V. Academic Press, New York, U.S.A., pp. 121~133.
- Refstie, T. 1977. Effect of density on growth and survival of rainbow trout. Aquaculture, 11 : 329~334.
- Refstie, T. and A. Kittelsen. 1976. Effect of density on growth and survival of artificially reared *Atlantic salmon*. Aquaculture, 8 : 319~326.
- Trzebiatowski, R., J. Filipiak and R. Jakubowski. 1981. Effect of stock density on growth and survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich). Aquaculture, 73 : 101~110.
- Wallace, J.C., A.G. Kolbeinshavn and T.G. Reinsnes. 1988. The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L). Aquaculture, 73 : 101~110.

Received: April 13, 2007

Accepted: June 5, 2007