

사육수온과 먹이공급량이 조피볼락의 성장 및 사료효율에 미치는 영향

명정인 · 박승렬 · 장영진*

국립수산진흥원, *부경대학교 양식학과

Effects of Water Temperature and Feeding Rate on Growth and Feed Efficiency of Korean Rockfish, *Sebastes schlegeli*

Jeong-In Myeong, Sung Yeol Pack and Young Jin Chang*

National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

*Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

The experiment was conducted to determine the effects of water temperature and daily feeding rate on Korean rockfish growth. The first experiment was carried out to know the growth of the fish in the different water temperature. The second experiment was carried out to know the effects of feeding rate of the fish. In the first experiment, feed efficiency was unaffected by the different water temperature 12, 15 and 18°C, but feed intake and growth rate were affected by the water temperature. Feed intake and growth rate of the fish reared in 15°C were higher than those of the other groups.

In the second experiment, feed efficiency was unaffected by feeding rate except the starved group. Daily growth rate of the fish fed 1.0% diet/BW and the starved group was lower than the other fish groups fed 1.5% diet/BW or more. HSI, VSI, condition factor, GOT, GPT, TG, GL and Ht of fed groups were unaffected by the feeding rate in the experiment. Absorption ratios of protein and lipid were not different with the different feeding rates in fed fish groups. These results indicate that the optimum daily feeding rate of yearling Korean rockfish is about 70-80% of satiation rate.

Key words : Rockfish, Water temperature, Feeding rate, Growth

서 론

조피볼락 *Sebastes schlegeli*은 양볼락과(Scorpaenidae)에 속하며 자어를 출산하는 난태생어류로서 우리나라 전연안에서 서식하는 연안 정착성 어종이다(鄭, 1977). 본 종은 볼락류 중에서 성장이 가장 빠르고 대형종으로서 넉치보다는 성장이 약간 느리지만 참돔보다는 빠르며(佐佐木, 1981), 특히 저온에 강하여 우리나라 전 연안에서 월동이 가능하기 때문에 양식대상종으로 적합하여, 최근에 와서는 조피볼락의 양식생산량이 매년 증가추세

에 있다.

조피볼락의 양식에 대한 연구는 국외의 경우 일본에서 1970년대말부터 초기 형태학적 발생(梶本, 1977) 및 종묘생산 시기의 제 문제점을 해결하기 위한 연구가 되어왔다(佐佐木, 1981; 岩本·芦立, 1982). 우리나라의 경우는 1980년대 후반부터 본 종의 종묘생산 기술개발과 초기 먹이생물에 관한 연구(김 등, 1987; 金等, 1987; 金等, 1989; 洪等, 1990; 高等, 1990; 朴等, 1993; 趙, 1993)가 꾸준히 진행되어 인공 대량종묘생산이 가능하게 되었으며, 종묘의 확보

가 쉬워짐에 따라 가두리에서의 양식이 점차 확대되고 있다. 또, 조피볼락의 영양요구량에 관한 연구(이 등, 1993; 李 等, 1993a,b,c,d) 등이 수행되었다. 그러나 아직 조피볼락의 양성에 관한 문제 즉, 적정사육환경 및 적정 사료공급 기법 등에 대한 연구가 미흡한 상태로 남아 있어서, 조피볼락의 양성시 생산경비의 절반 이상을 차지하는 사료비 절감을 위한 연구가 시급한 실정이다. 따라서, 본 연구는 조피볼락의 양성시 최대성장을 구현하는 적정 먹이공급량을 파악하여 먹이절약에 따른 경제성 제고를 위하여, 사육수온과 사료공급량을 달리한 조건에서 조피볼락의 성장을 비교하였다.

재료 및 방법

1. 수온에 따른 조피볼락 사육효과 조사

실험어는 평균체중 41.1~41.3 g 범위의 조피볼락 1년생이었으며, 실험어의 최초수용밀도는 20.5~20.6 kg/m³로 조정하였고, 실험 수조는 200ℓ FRP사각수조(수량 180ℓ)를 이용하여 실험기간은 4주간이었다. 사육해수는 고압모래여과조를 거친 여과해수를 사용하였으며, 수온은 아쿠아트론 장치를 이용하여 12, 15, 18℃로 설정하고, 실험기간중의 유수량은 3ℓ/분(24회전/일)으로 조정하였다. 실험에 사용한 먹이는 냉동전갱이와 넙치용 분말배합사료를 중량비 1:1로 혼합하고, 종합비타민제를 1% 첨가하여 만든 모이스트펠렛 사료였다(Table 1). 먹이공급은 1일 1회 오전 9시 30분을 기준으로 포식량을 공급하였다. 이 때 일간사료섭취율(포식량)의 결정은 실험어가 받아먹지 않을 때까지 먹이를 공급하여 그 때까지 실험어가 섭취한 먹이중량을 측정하여 정하였다. 실험기간중 조피볼락의 성장상태를 알기 위하여 8~10일 간격으로 체중을 측정하였으며, 측정은 72시간 절식시킨 후 행하였다. 실험구는 2반복으로 설정하였다. 광주기는 자연광주기를 따랐고, 명주기동안은 전 실험구에 일정한 조도를 유지하기 위하여 실내 형광등으로 조명해

주었으며, 형광등 점등으로 인하여 실험어가 받는 스트레스를 최소화하기 위하여 점등은 일출후에, 소등은 일몰전에 실시하였다.

Table 1. Composition of the experimental diet used

Ingredient	%
Artificial powder diet ¹	50
Frozen horse mackerel	50
Commercial mixture ²	1
Proximate composition	35.7
Moisture	31.5
Protein	4.9
Lipid	8.5

¹Commercial diet for olive flounder.

²Content ingredients per Kg mixture. Vitamin A : 200,000 IU, D₃ : 100,000 IU, E : 5 g, B₁ : 1.5 g, B₂ : 1 g, B₆ : 1 g, B₁₂ : 2 mg, K : 1 g, C : 10 g, niacin : 5 g, Ca : 5 g, Cl : 55 g, Folic acid : 500 mg, BHT : 700 mg, Mn : 5,000 mg, Cu : 1 g, K : 1 g, Fe : 1 g, Zn : 1 g, Co : 250 mg

2. 먹이공급량에 따른 조피볼락 사육효과 조사

실험에 사용된 실험어는 평균체중 134.6~139.1 g(평균체장 : 20.3~21.1cm) 범위의 조피볼락 1년생이었으며, 실험어의 최초수용밀도는 16.2~17.0 kg/m³로 조정하였고, 실험 수조는 200ℓ FRP사각수조(수량 180ℓ)를 이용하였다. 실험기간은 8주간이었다. 실험구의 1일 먹이공급량은 어체중의 0.0(절식구), 1.0, 1.5, 2.0, 2.5% 및 3.0%(포식구)로 조정하여 설정하였으며, 실험어의 성장에 따른 먹이공급량 보정을 위하여 약 2주 간격으로 개체별 체중을 측정하였다. 측정은 2일 동안 절식시킨 상태로 어체의 물기를 헹개를 사용하여 최대한으로 제거하여 행하였다. 먹이공급은 오전 9시와 10시 사이에 1일 1회 공급하였다. 이 때 임의로 공급량을 조절한 먹이를 다 먹지 않은 경우는 그 잔량을 측정하여 실제 먹이 섭취량을 보정하여 결과분석에 이용하였다. 실험기간중의 수온은 20.5~24.2℃의 범위였고, 염분은 31.8~35.4(‰)의 범위였으며, 용존산소량은 5.8~9.4 mg/ℓ의 범위였다(Fig. 1). 이 외의 조건은 수온에 따른 포식량 조사시와 동일하였다.

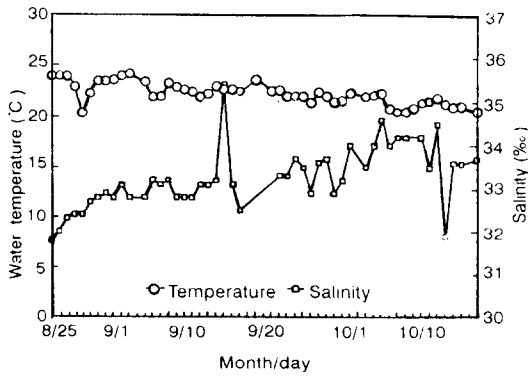


Fig. 1. Changes of water temperature and salinity during the experimental period.

실험시작시와 실험종료시의 체중과 실험기간중 공급한 먹이량을 이용하여 일간성장률과 일간사료섭취율을 아래공식에 의거 계산하였다.

$$\text{일간성장률}(\%) = \frac{\text{최종중량} - \text{최초중량}}{(\text{최초중량} + \text{최종중량})/2} \times \frac{1}{\text{사육일수}} \times 100$$

$$\text{일간사료섭취율}(\%) = \frac{(\text{최종중량} - \text{최초중량})/2}{\text{총먹이공급량}} \times \frac{1}{\text{사육일수}} \times 100$$

간중량비(HSI)와 내장중량비(VSI)는 실험종료시 실험어를 해부하여 각 부위별로 중량을 측정 후 각 실험구별로 5마리씩을 무작위 추출하여 개체별로 아래의 식에 의해 구하였다.

$$\text{간중량비}(\%) = \frac{\text{간중량}}{\text{어체중}} \times 100$$

$$\text{내장중량비}(\%) = \frac{\text{내장중량}}{\text{어체중}} \times 100$$

또, 비만도(condition factor)와 육질부비(ca-

rcass rate)는 다음 식에 의하여 구하였고, 비만도의 측정엔 전 실험어를 개체별로, 육질부비는 실험종료시 각 실험구별로 5마리씩 무작위 추출하여 측정하였다.

$$\text{비만도} = \frac{\text{어체중}}{(\text{체장})^3} \times 100$$

$$\text{육질부비}(\%) = \frac{\text{육질부중량}}{\text{어체중}} \times 100$$

혈액 화학적 조사는 먹이공급률의 차이가 혈액내 성상에 미치는 영향을 알기 위하여 형태학적 측정 직전에 각 실험구별로 5마리씩 미부동맥으로부터 채혈하여 고속원심분리기에 의한 모세혈관법을 이용하여 혈구용적(Ht)를 구하고, 나머지 혈액은 원심분리후 혈청을 분리하여 측정시까지 -80°C에 보관하였다. 총단백질은 Biuret법, 트리글리세리드와 글루코스는 5분효소법, GOT(glutamic oxaloacetic transaminase) 및 GPT(glutamic pyruvatic transaminase)는 Reitman-Frankel법으로서 측정하였으며, 측정시약은 아산제약의 분석키트를 사용하였다.

소화율분석은 각 먹이공급구별로 먹이내 단백질 및 지질의 소화율 차이를 비교 분석하기 위하여 실험종료후 각 실험구별로 5마리씩 무작위 추출하여 糞收集장치(李等, 1993c)로 옮긴 후 72시간 절식시킨 후 지표물질인 산화크롬(Cr₂O₃)을 사료제조시 0.5%의 비율로 첨가한 먹이를 공급하였다. 糞은 분수집장치의 하부에 부착된 수거통을 이용하여 매일 수집한 후 냉동건조기에서 건조시켜 古川等(1966)의 산화크롬 습식정량법을 이용하여 糞中の 산화크롬을 定量하였고 소화율은 아래의 공식에 의해 구하였다(NRC, 1983).

$$\text{소화율}(\%) = \left(1 - \frac{\text{사료중의 Cr}_2\text{O}_3\text{함량}}{\text{분중의 Cr}_2\text{O}_3\text{함량}} \times \frac{\text{분중의 영양소함량}}{\text{사료중의 영양소함량}}\right) \times 100$$

어체, 실험사료 및 糞의 일반성분 분석방법은 단백질은 Kjeldahl 법, 지질은 Soxhlet 추출법, 회분은 전석회화법에 의해 각각 분석하였다 (AOAC, 1984).

결과 및 고찰

1. 수온에 따른 조피볼락의 사육효과

조피볼락의 먹이포식량에 미치는 사육수온의 영향을 알기위하여 사육수온 12, 15 및 18°C에서 실험사료를 공급하며 사육한 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Results of feeding trials of Korean rockfish in different rearing water temperature

	Water temperature (°C)		
	12	15	18
Survival rate (%)	100	100	99.4
Daily feed intake (%)	2.94 ^a	3.64 ^b	3.25 ^a
Daily growth rate (%)	1.32 ^a	1.66 ^b	1.33 ^a
Feed efficiency (%)	44.79 ^a	45.74 ^a	40.73 ^a

Values are means from replicate groups of fish, and the means in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).

실험기간중의 생존율은 99.4~100.0%의 범위로 사육수온을 달리하였던 실험구간에 차이가 없었다(P>0.05). 12, 15 및 18°C에서의 일간사료섭취율은 각각 2.94, 3.64 및 3.25%였으며, 일간성장률은 1.32, 1.66 및 1.33%로 일간사료섭취율 및 일간성장률이 15°C실험구에서 타 실험구에 비하여 모두 높게 나타났다(P<0.05). 그러나 사료효율은 40.7~45.7%의 범위로 실험구간에 유의차는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 이 등(1993)이 조피볼락의 12~20°C의 수온범위에서 사육실험을 행하여 같은 사료로 사육한 경우 일간사료 섭취율은 차이가 없었으나, 일간성장률 및 사료효율은 20°C에서 보다 12°C 및 16°C에서 더 좋은 결과를 나타내었다고 보고한 결과와 약간의 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는

실험에 이용된 사육수온 즉, 18°C와 20°C의 차이에 의한 결과 또는 실험에 사용한 실험어의 크기와 사료가 서로 달랐기 때문으로 추정된다. 본 연구결과 사료효율에는 실험구간에 차이가 나타나지 않았으나, 일간성장률 및 일간사료섭취율의 경우는 15°C실험구에서 가장 양호한 값을 나타내었다. 다른 어종의 경우도 먹이섭취량은 수온에 의해 영향을 받는 것으로 보고되어 있다(Brett, 1979; Elliott, 1982; Hidalgo et al., 1987). 본 실험의 결과 조피볼락 역시 사육수온에 의해 먹이섭취량이 변하였으며, 본 종은 사육수온이 약 15°C일 때에 사료를 가장 많이 섭취하는 것으로 나타났다. 그러나 18°C실험구에서 15°C실험구에 비하여 성장률이 낮게 나타난 것은 실험중 최초 1차 측정시까지 성장이 둔화되었던 결과이며(Fig. 2), 이러한 초기의 성장 둔화는 실험전 예비사육을 12°C에서 행하였기 때문에 실험개시시 약 24시간의 수온 조정 즉, 비교적 짧은 시간동안에 6°C의 갑작스런 수온변화에 의한 스트레스로 인하여 일어난 결과로 판단된다. 그 이후 18°C에서의 성장률은 15°C실험구와 유사한 경향을 나타내어 초기 온도스트레스가 없었다면 15°C에서의 성장률과 거의 일치하였을 것으로 추정된다. 따라서 이러한 결과들을 종합하여 보면 조피볼락의 경제적인 양식을 위한 사육수온 범위는 15~18°C가 적당할 것으로 사료된다.

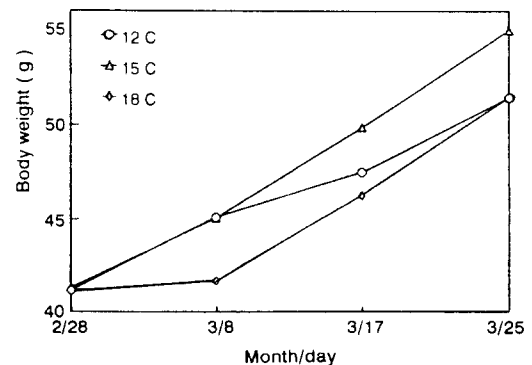


Fig. 2. Changes of body weight of rockfish dependent on water temperature during the experimental period for 4 weeks.

2. 먹이공급량에 따른 조피볼락 사육효과

조피볼락 사육시 최적의 사료공급량을 구명하기 위하여 어체중비로 먹이량을 조절하여 사육한 결과는 Table 3 및 Fig. 3에 나타난 바와 같다.

실험기간 동안의 생존율은 모든 실험구에서 97.7~100.0%로 실험구간에 차이가 나타나지 않았

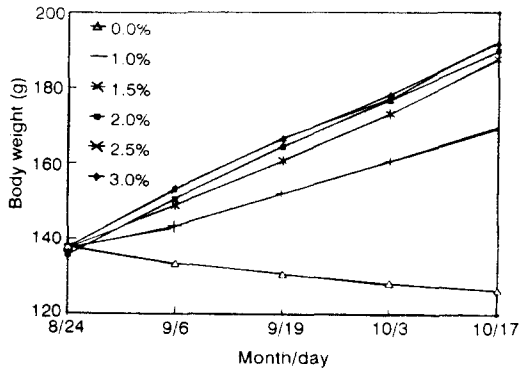


Fig. 3. Changes of body weight of rockfish during the experimental period of 8 weeks.

다. 사료효율 또한 실험기간중 먹이를 공급하지 않은 절식구를 제외한 나머지 실험구에서는 41.1~57.2%의 범위로 유의적인 차이는 나타나지 않았으나(P>0.05), 체중의 1.5% (포식량의 68.5%)를 공급한 실험구에서 57.2%로 가장 높았고, 이보다 먹이공급량이 증가하면 사료효율이 낮아지는 경향이였다. 일간성장률은 0.0% 공급구(절식구)에서는 실험종료시의 어체중이 실험개시시보다 적어 실험기간 동안 절식의 영향으로 체중이 감소하여 -0.21%로 나타났으나, 실험기간중 사료를 공급하였던 나머지 실험구에서는 모두 양의 성장이 나타났다. 1.5~3.0% 공급구에서는 일간성장률이 0.79~0.86%의 범위로 유의한 차이가 없었으나(P>0.05), 1.0% 공급구에서는 0.53%로 다른 실험구에 비하여 성장이 나쁜 것으로 나타났다(P<0.05). 増村·柳谷(1981)은 체중 13.4 g의 돌돔 당넌어를 대상으로 먹이공급량별 사육실험을 하여, 성장은 포식량을 공급한 구가 가장 좋았으며 사료효율은 먹이공급량이 적어질

Table 3. Results of feeding trials of Korean rockfish for feeding rate

	Feeding rate (%/body weight)					
	0.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Survival rate (%)	100 ^a	97.7 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	97.7 ^a
Daily feed intake (%)	0.00	0.90	1.39	1.76	2.01	2.03
% of satiation rate	0.0	44.3	68.5	86.7	99.0	100.0
Daily growth rate (%)	-0.21 ^a	0.53 ^b	0.79 ^c	0.84 ^c	0.86 ^c	0.83 ^c
Feed efficiency (%)	-	55.94 ^a	57.21 ^a	47.35 ^a	42.08 ^a	41.08 ^a

Values are means from replicate groups of fish, and the means in each row with a differnt superscript are significantly different (P<0.05).

Table 4. Comparison of Korean rockfish reared in the different feeding rate

Feeding rate (%)	HSI ¹⁾	VSI ²⁾	Condition factor	Carcass rate
0.0	1.25 ^a	4.25 ^a	14.10 ^a	35.18 ^a
1.0	1.70 ^{ab}	5.20 ^{ab}	15.90 ^{ab}	36.95 ^a
1.5	2.25 ^b	5.65 ^b	17.25 ^b	40.92 ^a
2.0	2.45 ^b	5.85 ^b	17.05 ^b	36.70 ^a
2.5	2.30 ^b	7.85 ^b	17.65 ^b	35.07 ^a
3.0	2.30 ^b	6.35 ^b	17.50 ^b	33.15 ^a

Values are means from replicate groups of fish, and the means in each column with a differnt superscript are significantly different (P<0.05).

1) : hepatosomatic index.

2) : viscerosomatic index.

수록 높았고, 포식량의 약 50%를 공급하였던 구는 포식량을 공급한 구에 비하여 성장량이 약 1/2 정도 밖에 되지 않았다고 보고하였다. 또, 鈴木(1982)이 먹이공급량의 차이가 무지개송어의 성장에 미치는 영향을 조사하여 먹이공급량을 어체중의 0.0~2.0% 범위에서 실험한 결과 최고의 사료효율을 나타내는 먹이량은 0.9~1.25%였으며, 성장률은 일간먹이섭취량 1.25% 이상에서 양호하였다고 보고하였다. 이들의 실험결과는 본 실험에서 조피볼락을 대상으로 실험한 결과와 거의 일치한다. 전 실험기간에 걸쳐 성장 및 사료효율면에서 가장 양호하였던 1.5% 공급구에서 실험종료후 평균어체중에 대한 사료공급량으로 환산한 실제 평균 먹이섭취율은 어체중의 1.39%였으며, 본 실험조건하에서의 일일 포식량(3% 공급구의 일일먹이섭취량)의 68.5%였다. 따라서, 본실험의 결과 먹이공급량을 포식량의 약 50% 이하로 하는 것은 성장률을 저하시키는 결과를 초래하며, 정상적인 성장을 위하여는 포식량의 68.5~100%를 공급하는 것이 좋으나, 경제적인 면을 고려할 때 양호한 성장을 유도하면서 가장 경제적인 사료공급량은 포식량의 약 70~80%일 것으로 사료된다.

실험종료시 각 실험구의 어체를 분석한 결과는 Table 4에 나타내었다. 간중량비는 절식구에서 1.25%로 가장 낮았으며, 1.5~3.0% 공급구에서는 2.25~2.45%로 실험구간에 유의한 차이는 보이지 않았다($P>0.05$). 이와같이 절식시의 간중량비 감소는 대구(Kamra, 1966), 방어(Sakaguchi, 1976) 및 은어(Nakazawa et al., 1984)와 조피볼락 치어(이, 1994)에서도 같은 경향이 있었다. 내장중량비(VSI) 역시 절식구에서 4.25%로 가장 낮았으며, 그 외의 실험구에서는 5.65~7.85%로 실험구간에 차이가 없었다. 비만도도 전 실험구에서 14.10~17.65%의 범위로 간중량비나 내장중량비와 같은 경향이 있었다. 육질부비율도 33.15~40.92%로 실험구간에 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 본 실험에서 성장률이 낮았던 1.0% 공급구와 절식구에서 간중량비, 내장

중량비 및 비만도가 낮게 나타난 것은 먹이의 절대량 부족으로 인하여 근육의 단백질과 지질 및 내장 축적지질이 에너지원으로 사용된 것으로 사료된다(이, 1994; 이 등, 1996).

실험종료시의 어체 혈액분석 결과는 Table 5에 나타낸 바와 같다. GOT 및 GPT는 실험기간중 사료를 공급하지 않았던 절식구에서 41.8 및 41.5 karmen unit로 가장 높게 나타났으며($P<0.05$), 1.0~3.0% 공급구에서는 각각 11.8~20.0 및 11.0~24.0 karmen unit의 범위로 실험구간에 차이가 없었다. GOT 및 GPT는 아미노기의 전이반응을 촉매하는 효소의 총칭으로 아미노산과 α -케토산과의 사이에 아미노산기 전이반응을 촉매하는 것으로 체내에 널리 분포하고 있으며(李·金, 1988), 의학분야에서는 이들의 측정으로 각종 질환, 특히 간질환 유무 판정에 유효한 것으로 많이 이용되고 있다(李·金, 1988; 李·鄭, 1975). 이것은 일반적으로 GOT, GPT가 혈중효소로 측정되고 있는 유출 효소중 대표적인 효소이며 유출원인은 세포손상이 가벼운 경우 또는 세포막의 투과성 변화에 따라 세포막이 파괴되지 않고 효소가 혈중에 유출되기 때문이다. 이 유출과정은 세포내의 에너지 공급이 감소되면 세포내의 K^+ 이온이 세포외로 유출되고, Na^+ , Ca^+ 및 수분은 세포내로 유입되어, 그 결과 세포는 팽창하고 세포막이 늘어나게 되어 세포질에 존재하는 GOT, GPT가 유출되게 된다. 효소유출은 수용성으로 분자량이 작을수록 빠르다고 하지만 분자량 이외의 많은 요인이 관여하고 있다. 세포밖으로 유출된 GOT, GPT는 순환 혈중으로 빠르게 유출된다. 실제로 혈청 GOT, GPT 활성측정이 간 손상시에 예민하게 측정되는 것은 GOT, GPT가 간에 많이 분포되어 있고, 손상 받은 간세포로부터 직접 혈액에 용이하게 확산되기 때문이다(Molander et al., 1955; Donato, 1957; Asada, 1958; 李·金, 1988). Gordon(1968)은 어류에 있어서도 간의 장애에 의해 이같은 혈중효소가 상승되는 것으로 보고하였다. 본 연구에서 사료를 공급하지 않고 절

식시킨 실험구에서 GOT 및 GPT가 41.8 karmen unit 및 41.5 karmen unit로 다른 실험구의 GOT(11.8~20.0 karmen unit) 및 GPT(11.0~24.0 karmen unit)의 값보다 높게 나타난 것은 장기간의 기아로 인하여 간의 손상이 일어난 것으로 판단된다. GOT 및 GPT값에 유의적인 차이가 없었던 1.0% 이상의 사료공급구에서는 적어도 실험기간 동안에는 사료공급량의 차이에 의하여 간 손상은 일어나지 않았던 것으로 사료된다. **李 등(1993a)**은 조피볼락을 대상으로 사료의 n-3계 고도불포화지방산함량에 따른 혈액성분변화 및 간세포의 성장 조사에서 GOT는 47.0~159.7 karmen unit, GPT는 11.1~28.0 karmen unit 범위로 사료내 지방산의 결핍에 의하여 증가한다고 보고하였다. 또, 넙치를 대상으로 GOT는 106~42 karmen unit의 범위, GPT는 24~66 karmen unit의 범위로 수술 스트레스에 의하여 그 값이 증가하였다는 보고가 있다(**朴 등, 1990**). 본 연구에서 먹이를 공급하였던 실험구에서 나타난 GPT값은 **李 등(1993a)**이 조사한 값과 거의 일치하고 있으나, GOT의 값은 **李 등(1993a)**이 조사하였던 값에 비하여 매우 낮게 나타났다. 이와같이 동일한 어종에서 GOT 값이 차이가 난 것이 **李 등(1993a)**이 실험어로 사용한 조피볼락의 크기(평균체중 16~34 g)가 본 연구에 사용한 실험어의 크기(평균체중 134.6~139.1 g)와 상이하기 때문인지, 아니면 공급한 사료의 종류나 사육환경 등 다른

요인에 의한 것인지는 금후 검토가 필요할 것으로 생각된다.

총단백질(TP)은 절식시켰던 실험구나 사료를 공급하였던 실험구에서 차이를 보이지 않고 3.8~4.8 g/dl 범위의 값을 나타내었다. **窪全(1987)**은 절식실험에서 절식기간이 길어짐에 따라 단백질의 공급이나 합성이 되지 않아 혈청단백질의 농도가 급격히 저하된다고 보고하고 있다. 이러한 혈청 성분중 단백질 농도의 저하는 기아, 영양실조, 소화기관 장애나 간기능 장애로 인한 공급부족과 합성저하에 원인이 있다고 보고되어 있다(**池田等, 1986**). 그러나 **이(1994)**는 사료의 지질원을 달리한 45일간의 절식실험에서 조피볼락의 혈청 단백질 농도는 사료나 절식에 큰 영향을 받지 않는 것으로 추정하고 있다. 본 실험에서도 53일간의 절식에 혈청 단백질 농도의 변화가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 **이(1994)**의 주장대로 종의 특성상 절식에 영향을 받지 않았던지, 아니면 53일간의 절식 기간이 간이나 소화기관의 장애를 일으키기에는 부족하였던 것으로 사료된다.

트리글리세리드(TG) 역시 절식시켰던 실험구나 사료를 공급하였던 실험구에서 차이를 보이지 않고 141~200 mg/dl의 값을 나타내었다. **坂口·浜口(1981)**는 양식참돔의 절식시에 있어서 혈액 및 간체장 성분 등에 미치는 수온의 영향 연구에서 41일간 절식시 참돔 혈중 TG는 사육수온이 8.3~21.0℃일때 저수온구에서는 340 mg/dl에서 72 mg/dl까지, 고수온구에서는 534 mg/dl에서 72

Table 5. Hematological changes of Korean rockfish depending on the different feeding rate

	Feeding rate (%/body weight)					
	0.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
GOT (karmen unit)	41.8 ^b	16.3 ^a	11.8 ^a	19.0 ^a	17.0 ^{ab}	20.0 ^a
GPT (karmen unit)	41.5 ^b	11.0 ^a	11.5 ^a	16.0 ^a	23.5 ^a	24.0 ^{ab}
Total protein (g/dl)	3.9 ^a	3.8 ^a	4.2 ^a	4.8 ^a	4.6 ^a	4.8 ^a
Triglyceride (mg/dl)	200 ^a	164 ^a	161 ^a	141 ^a	143 ^a	151 ^a
Glucose (mg/dl)	28.1 ^a	39.2 ^{ab}	51.2 ^{ab}	44.7 ^{ab}	60.4 ^b	42.7 ^{ab}
Hematocrit titer (%)	37.8 ^a	46.4 ^{ab}	46.6 ^{ab}	45.2 ^{ab}	50.5 ^b	45.9 ^{ab}

Values in each raw with a differnt superscript are significantly different (P<0.05).

mg/dl까지 각각 감소하였다고 보고하였다. 혈청 중 TG 함량은 무지개송어 및 방어에서는 절식에 의하여 증가하지만(柴田 等, 1974 ; 坂口, 1976), 참돔에서는 41일간의 절식 실험에서 오히려 감소하는 경향을 나타내어(坂口 · 浜口, 1981), 어종에 따라서 절식에 대한 반응이 다르게 나타나고 있다. 본 실험에서는 조피볼락은 54일간 절식시켜도 그러한 감소나 증가현상은 나타나지 않았다. 따라서 어종마다 절식에 견디는 내성이 차이가 있으며, 조피볼락이 참돔이나 방어, 무지개송어보다 운동성이 약한 특성상 절식에 견디는 내성이 강한 것인지, 아니면 조피볼락 고유의 특성상 절식시 TG 함량에 변화를 나타내지 않는 것인지는 재 검토가 필요하리라 생각된다.

글루코스(GL)는 절식구에서 28.1 mg/dl로 가장 낮았고 2.5% 공급구에서 60.4 mg/dl로 가장 높게 나타났으며, Ht 역시 절식구에서 37.8%로 가장 낮았으며 2.5% 공급구에서 50.5%로 가장 높게 나타났다. 절식구에서 혈당량이 낮게 나타난 것은 장기간의 기아로 인한 공급부족이 주 원인으로 생각된다(池田 等, 1986). 그러나 혈액성상은 사료의 종류에 의한 소화흡수 시간때 따른 경시적인 변화폭이 크며(이, 1994), 주위조건이나 처리방법 등에 따라서도 아주 민감하게 변화하여 혈액성상의 차이만으로 정상어와 비정상어를 구별하기에는 모순이 있으므로(Barham et al., 1980), 혈액성상으로 어류의 건강상태를 판단할 때에는 보다 신중히 검토되어야 할 것으로 생각된다(李 等, 1993).

먹이공급량에 따른 조피볼락의 양양소별 소화율 조사 결과는 Table 6에 나타낸 것과 같이 단백질 및 지질 각각의 소화율은 먹이공급량에 따라 유의한 차이는 보이지 않았지만(P>0.05), 사료 지질에 비하여 단백질의 소화율이 높은 경향이였다. 그러나 명(1996)이 조피볼락 당년생 치어를 대상으로 동일한 사료를 먹이면서 소화율을 조사한 결과는 본 실험의 결과와는 반대로 지질의 소화율이 단백질의 소화율보다 더 높게 나타났다. 이와같이 조피볼락 크기에 따라 각 성분의 소화

Table 6. Absorption ratio of protein and lipid of Korean rockfish reared in the different feeding rate

Ingredient	Feeding rate (%/body weight)				
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Protein	94.1 ^a	93.1 ^a	91.4 ^a	90.9 ^a	91.0 ^a
Lipid	86.2 ^a	82.6 ^a	83.0 ^a	81.8 ^a	81.6 ^a

Values in each raw with same superscript are not significantly different (P>0.05).

율이 달라지는 것은 조피볼락이 성장함에 따라 성분별 이용성이 달라지기 때문으로 보이나, 그외 다른 요인에 의하여 변한 것인지에 대하여는 금후 검토가 이루어져야 할 것이다.

요 약

조피볼락 사육시 수온과 먹이공급량이 성장과 사료효율에 미치는 영향을 알기위하여 사육수온과 먹이공급량을 달리하여 사육실험을 한 결과는 다음과 같다.

사육수온 12, 15 및 18℃에서 사육한 결과 15℃ 실험구에서 일간사료섭취율 및 일간성장률은 3.64 및 1.66%로 다른 실험구에 비하여 높게 나타났다. 사료효율은 40.7~45.7%로 실험구간에 차이가 없었다.

먹이공급량을 어체중의 0.0~3.0% 범위로 하여 사육실험한 결과 사료효율은 절식구를 제외한 나머지 실험구에서는 41.1~57.2%의 범위로 유의차가 없었고, 일간성장률은 1.5~3.0% 공급구에서는 0.79~0.86%의 범위로 차이가 없었다. 어체분석결과 육질부비율은 전실험구에서, 간중량지수, 장중량지수 및 비만도는 1.0~3.0% 공급구에서 차이가 없었다. 혈액성상 분석결과 TP 및 TG는 전실험구에서, GOT, GPT, TG, GL 및 Ht는 1.0~3.0% 공급구에서 차이가 없었다. 사료 영양소별 소화율 또한 단백질 및 지질 모두 1.0~3.0% 공급구에서 차이가 없었다.

이상의 결과로부터 조피볼락 1년생은 육상수 조양식시 사육수온은 15~18℃에서, 먹이공급량은

포식량의 약 70~80%가 적당한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- AOAC., 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemicals, 14th edition. Arlington, AV. pp. 1141.
- Asada, M., 1958. Transaminase activity in liver damage 1. Study on experimental liver damage. Med. J. Osaka Univ., 9 : 45-55.
- Barham, W. T., G. L. Smit and H. J. Schoonbee, 1980. The haematological assessment of bacterial infection in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish Biol., 17 : 275-281.
- Brett, J. R., 1979. Environmental factors and growth. In : W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett(Eds), Fish Physiology, Vol. VIII. Bioenergetics and growth. Academic Press, New York. 599-675.
- Donato, R. A., 1957. Transaminase activity and morphologic alternations in human livers. Amer. J. Clin. Path., 28 : 377-384.
- Elliott, J. M., 1982. The effects of temperature and ration size on the growth and energetics of salmonid fish in captivity. Comp. Biochem. Physiol., 73B : 81-92.
- Gordon, R. B., 1968. Distribution of transaminases (Aminotransferases) in the tissues of the pacific salmon (*Oncorhynchus*), with emphasis on the properties and diagnostic use of glutamic oxaloacetic transaminase. J. Fish. Res. Bd. Can., 25 : 1247-1268.
- Hidalgo, F., E. Alliot and H. Thebault, 1987. Influence of water temperature on food intake, food efficiency and gross composition of juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture, 65 : 199-207.
- Kamra, B. S. K., 1966. Effect of starvation and refeeding on some liver and blood constituents of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). J. Fish. Res. Bd. Canada, 23 : 975-982.
- Molamder, D. W., F. Wroblewski and J. S. Ladue, 1955. Serum glutamic oxaloacetic transaminase as an index of hepatocellular integrity. J. Lab. Clin. Med., 46 : 831-839.
- Nakazawa, H. S. Kasahara, A. Tsujimura and K. Akira, 1984. Changes of body composition during starvation in *Chlorella*-extract fed ayu. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50 : 665-671.
- NRC(National Research Council), 1983. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. National Acad. Press, Washington, D.C. pp. 102.
- Sakaguchi, H., 1976. Changes of biochemical components in serum, hepatopancreas and muscle of yellowtail starvation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 42 : 1267-1272.
- 古川 厚・塚原宏子, 1966. 養魚餌料消化試験の指標物質としての酸化のクロム濕式定量法について. 日水誌., 32(6) : 504-506.
- 高泰昇・金炳均・明正仁, 1990. 조피볼락 種묘량產試驗. 수진사업보고, 86 : 59-62.
- 金伯均・洪承賢・全昌永, 1989. 조피볼락 種묘량產試驗. 수진사업보고, 79 : 23-26.
- 金相根・高昌淳・宋泉浩, 1987. 조피볼락 種묘量產技術開發試驗. 수진사업보고, 71 : 117-122.
- 김 윤·노 섬·고창순·김승현·김종화·지영주·양상근, 1987. 볼락류(조피볼락) 종묘생산기술 개발시험. 수진사업보고, 71 : 167-168.
- 명정인·백혜자·박민우·김우진·김 윤, 1996. 海産魚類 陸上水槽 飼育技術 開發試驗, III-1. 조피볼락 치어의 성장에 미치는 먹이공급률의 영향. 수진사업보고서, 1995 : 329-333.
- 朴炳夏・全琳基・鄭成采・閔光植・李鍾文・金光洙・孫孟鉉・沈斗生・鄭丞姬, 1990. 넙치 해상 양식기술개발에 관한 연구. 科技處., 서울. pp. 141.
- 朴 勝・盧 暹・金相根, 1993. 조피볼락, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf)의 仔魚出産과 初期成長. 수진연구보고, 47 : 45-57.
- 星合愿一, 1977. クロソイ仔稚魚について. 魚類學雜誌, 24(1) : 35-42.
- 柴田宣和・衣巻豊輔・市村 博, 1974. 養殖ニジマスの血漿トリグリセリド, 콜레스테린, 遊離脂肪酸, グルコースおよびたんぱく質含量. 東海水研報., 77 : 77-87.
- 岩本明雄・芦立昌一, 1982. クロソイの種苗生産. 栽培技研., 11 : 35-44.
- 鈴木克宏, 1982. 給餌量の差がニジマスの群および個體の成長におよぼす影響. 静岡水試研報., 16 : 67-789.
- 窪田三朗, 1987. 養殖魚の 質と疾病との關係に關す

- る研究. 科學研究費補助金總合研究(A)研究成果報告書, pp. 141.
- 李貫寧 · 金辰圭, 1988. 臨床化學. 醫學文化社, 서울. pp. 812.
- 李三悅 · 鄭允燮, 1970. 臨床病理檢査書. 延世大學校出版部, 서울. pp. 552.
- 이상민 · 이종윤 · 장용진, 1993. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량과 사육수온에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화. 수진연구보고, 48 : 107-124.
- 李尚旻 · 李鍾允 · 姜龍珍 · 許聖範, 1993a. 飼料의 n-3계 高度不飽和脂肪酸 含量에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 成長 및 生化學的 變化 II. 血液成分 變化 및 肝細胞 性狀. 韓國養殖學會誌, 6(2) : 107-123.
- 이상민, 1994. 사료 지질원으로 우지, 대두유 및 오징어간유 첨가에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 체성분의 변화와 절식시 체내 대사. 한국양식학회지, 7(1) : 63-76.
- 이상민 · 김성희 · 전임기 · 김선명 · 장영진, 1996. 배합사료 급여 횟수가 조피볼락의 성장, 사료효율 및 체성분에 미치는 영향. 한국양식학회지, 9(4) : 385-394.
- 李鍾允 · 姜龍珍 · 李尚旻 · 金仁培, 1993b. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 蛋白質 要求量. 韓國養殖學會誌, 6(1) : 13-27.
- 李鍾允 · 姜龍珍 · 李尚旻 · 金仁培, 1993c. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*飼料의 適正 에너지/蛋白質比. 韓國養殖學會誌, 6(1) : 29-46.
- 李鍾允 · 姜龍珍 · 李尚旻 · 朴閔貞, 1993d. 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 營養研究用 試驗飼料의 蛋白質源 評價. 수진연구보고, 48 : 97-105.
- 鄭文基, 1977. 韓國魚圖譜. 一志社, 서울. pp. 502.
- 趙成煥, 1993. 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 仔·稚魚의 먹이生物學的研究. 釜山水產大學校 碩士學位 請求 論文. pp. 80.
- 佐佐木 攻, 1981. クロソイの養殖, 種苗生産と養成について. 養殖, 18(7) : 90-95.
- 増村和彦 · 柳谷弘道, 1981. クロダイ養殖における市販配合飼料の有効性と適正給餌量. 廣島縣水産試験場事業報告, 11 : 123-128.
- 池田彌生 · 尾崎久雄 · 瀬崎啓次郎, 1986. 魚類血液圖鑑. 綠書房, 東京. pp. 238-326.
- 坂口宏海, 1976. 絶食時におけるハマチの血液, 肝すい臓の化學成分などの變化について. 日本誌., 42(11) : 1267-1272.
- 坂口宏海 · 浜口 章, 1981. 養殖マグイの絶食時における血液, 肝すい臓成分などに與える水温の影響. 日本誌., 47(1) : 27-33.
- 洪承賢 · 全昌永 · 金伯均, 1990. 조피볼락 種苗量産試驗. 수진사업보고, 86 : 29-38.