

외인성 갑상선호르몬 (T₃)의 경구투여가 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*) 치어의 생리적 상태, 성장 및 생존에 미치는 영향

강덕영⁺ · 장영진* · 김 윤** · 명정인**
국립수산진흥원, *부경대학교 수산과학대학 양식학과, **국립수산진흥원 증식부

Effects of Oral Administrated Thyroid Hormone (T₃) on Physiological Condition, Growth and Survival Rate of Juvenile Rockfish (*Sebastes schlegeli*)

Duck-Young KANG⁺, Young Jin CHANG*, Yoon KIM** and Jeong-In MYOUNG**
National Fisheries Research & Development Institute, Pusan 619-900, Korea
^{*}Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea
^{**}Department of Aquaculture, National Fisheries Research & Development Institute, Pusan 619-900, Korea

Rockfish (*Sebastes schlegeli*) juveniles were fed with the diets containing 0 (control and sham), 5, 10 and 15 ppm of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) for 50 days to assess the effect of the hormone on the change of physiological condition, growth and survival rate. Fish were fed the commercial diet by hand to satiation 2 times per day. After 50 days, food intake, feed efficiency, thyroid cell height (TCH), abnormality, proximate body composition, growth, condition factor and survival rate were also examined. The food intake and the feed efficiency of *S. schlegeli* fed with diet containing 10 ppm of T₃ was significantly higher than those of fishes fed with the other diets. On the final day of experiment, atrophy of thyroid gland was observed in fish administered with 10 and 15 ppm of T₃. T₃ increased slightly the abnormality according to the increase of T₃ dose. The whole body proximate analyses indicated that the fishes administrated with 15 ppm of T₃ were the highest in protein content and were the lowest in lipid, but in ash content were there a significant effects of T₃. The growth of *S. schlegeli* fed with a diet containing 10 ppm of T₃ was significantly higher than that of control. The condition factor was not related to administered T₃ content. T₃ slightly improved the survival rate of juvenile *S. schlegeli*, and the survival rate of fish administered with 10 ppm was significantly higher than that of sham-control but was lower than that of control.

Key words: Rockfish, *Sebastes schlegeli*, 3,5,3'-triiodo-L-thyronine, Growth, Survival rate

서 론

현재 국내의 어류 양식 산업은 한정된 품종의 과다 생산으로 생산품의 가격 하락, 대상 종의 열성화로 종묘의 품질 저하 및 종묘생산 비용 상승에 따른 수익 감소 등 양식 산업 전반에 걸쳐 채산성 악화에 의해 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 이유로 양식어가들은 비용 절감 및 수익성 향상의 일환으로 종묘생산 단계에서 저비용·고품질의 치어를 생산할 수 있는 신기술 개발을 요구하고 있으며, 여기에 발맞춰 산업체와 학계 및 연구단체 등의 연구 노력이 이어지고 있으며, 이 중 내분비학적 지식을 응용해 어류 종묘의 생산성을 높이려는 연구도 진행 중에 있다.

특히 갑상선호르몬 (thyroid hormones: THs)이 어류의 변태·성장 촉진 및 생존율 향상에 관여하는 것으로 밝혀지면서 국외에서는 일찍부터 은연어, *Oncorhynchus kisutch* (Higgs et al., 1979), 대서양 연어, *Salmo salar* (Refstie, 1982; Saunders et al., 1985), 미국산 장어, *Anguilla rostrata* (Degani and Gallagher, 1986), 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss* (Fagerlund et al., 1984; Higgs et al., 1992) 및 참돔, *Chrysophrys major* (Woo et al., 1991) 등을

대상으로 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃)을 이용해 현장적용 실험을 진행해 왔다. 한편 우리나라에서는 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli*와 조피볼락, *Sebastes schlegeli*을 이용한 Kang and Chang (1996, 1997, 1998)의 보고를 제외하고 뚜렷한 연구결과를 찾아 볼 수가 없다. 이들의 연구결과에 의하면 외인성 T₃의 모체주사에 의해 전달된, 이 호르몬이 자어의 성장과 생존율을 향상시킬 수 있는 것으로 판단되어 (Chang and Kang, 1998; Kang and Chang, 1998), 어류 종묘생산시 적용 가능성이 높은 것으로 보여진다.

본 연구에서는 Kang and Chang (1998)의 모체주사에 의한 자치어에 미치는 효과 연구와는 달리, 조피볼락의 치어를 대상으로 직접 T₃를 경구투여하여, 생리적 변화, 성장 촉진 및 생존율 제고 여부를 파악해 종묘생산시 활용 여부를 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험어

실험어는 전장 6.5±0.5 cm, 체중 4.7±0.8 g의 조피볼락 치어였으며, 실험은 50일간 2회 반복으로 실시하였다. 사육수조로는 300 L 아크릴 수조 (수용량 200 L)를 이용하였으며, 사육밀도는 1마리/L로

⁺Corresponding author: dykang@hotmail.com

하였다. 사육수는 여과해수를 이용하였으며, 환수율은 1일 20~30회로 하였다. 사육기간 중 수온은 $25.0 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 으로 일정하게 유지해 주었다.

2. 실험구

실험에 사용된 사료는 조피볼락 양성용 상품사료 (단백질 52.0%, 지질 9.0%, 회분 14.0%, 탄수화물과 조섬유 2.5%, 수분 11.2%; Table 1)를, T_3 는 sodium salt (Sigma사)를 사용하였다. 실험구는 T_3 용매로서 95% 에탄올의 영향 유무를 파악하기 위해 대조구로서 아무런 처리를 하지 않은 control (이하 CONTROL구)과 에탄올만을 첨가한 sham control (이하 SHAM구)를 설정하였다. T_3 구는 T_3 를 에탄올에 녹여 사료 1 kg을 기준으로 5 ppm (이하 5 PPM구), 10 ppm (이하 10 PPM구) 및 15 ppm (이하 15 PPM구)의 농도로 사료에 첨가하여 2반복으로 실험구를 설정하였다 (Woo et al., 1991; Kang and Chang, 1996).

Table 1. Proximate composition (% of dry matter) of basal diet

Component	Composition
Protein	50.0~54.0
Lipid	8.0~10.0
Ash	12.0~16.0
Moisture	10.0~12.3

3. 섭식률 및 사료효율 분석

T_3 경구투여 기간은 50일 동안이었으며, 매일 실험구별로 사료 공급 직전에 냉장고에서 꺼내어, 1일 사료공급 횟수를 2회로 하여 반복 상태에 이르게 투여하였다. 이때 포식량을 기록하여 섭식률과 사료효율을 Kang and Chang (1996)의 방법에 의해 계산하였다.

4. 치어의 갑상선 세포 활성화, 기형률 및 체성분 분석

실험 종료시 T_3 농도별로 갑상선 상피세포의 활성을 파악하기 위해, paraffin 상법에 의해 제작된 갑상선의 조직 절편을 hematoxylin과 eosin으로 이중 염색한 후 광학현미경 관찰에 의해 갑상선 상피세포 높이 (thyroid cell height: TCH)를 측정하였다. 또한 T_3 에 의한 외부 형태상 기형어의 출현율을 파악하기 위해, 실험 종료시 실험구별로 30마리를 무작위 추출하여 기형개체를 계수하였다. T_3 에 의해 유발되는 골격의 형태학적 이상은 두부, 아가미 뚜껑 및 미부 척추골을 중심으로 관찰하였다. 또한 체성분에 미치는 T_3 영향을 알아보기 위해, 실험 종료시 실험구별로 전 어체를 갈아 수분은 상압가열건조법, 단백질은 Kjeldahl 질소정량법, 지방은 Soxhlet 추출법, 회분은 건식회화법으로 그 함량을 측정하였다 (AOAC, 1990).

5. 치어의 성장, 비만도 및 생존율

실험어의 길이와 무게의 성장도는 매 10일 간격으로 전장과 체중을 측정하여 파악하였고, 실험 종료시 이들 값으로부터 길이 일간성장률 (specific growth rate of length: SGRL)과 무게 일간성

장률 (specific growth rate of weight: SGRW)을 Higgs et al. (1992)의 방법에 의해, 비만도는 Moon et al. (1994)의 방법에 따라 구하였고, 실험구별 생존율은 사육기간중 매일 폐사 개체를 계수하여 산정하였다.

6. 통계처리

각 실험 결과는 SPSS-PC 통계패키지를 이용해 일원배치 분산 분석 및 Duncan's multiple range test법에 의해 통계적 검정을 실시하였다.

결 과

1. 섭식률 및 사료효율

50일간의 치어 사육실험 결과, CONTROL구 ($314 \pm 2\%$)가 다른 실험구들에 비해 유의하게 낮은 사료섭식률을 나타내었고, 통계적 유의차는 없지만 실험구별 소비량은 10 PPM구 > 15 PPM > 5 PPM > SHAM구 순이었다 (Table 2). 사료효율 역시 다른 모든 실험구와 비교해 10 PPM구에서 $96.2 \pm 1.4\%$ 로 가장 높게 나타났고 ($P < 0.01$), CONTROL구 ($92.8 \pm 1.4\%$)가 가장 낮은 값을 나타내었다.

Table 2. Performance of juvenile *Sebastes schlegeli* diets varying in T_3 levels (0, 5, 10 and 15 ppm) for 50 days

Treatment	Food intake (%) ¹	Feed efficiency (%) ²
CONTROL	314 ± 2^b	92.8 ± 1.4^b
SHAM	335 ± 10^a	93.3 ± 0.9^b
5 PPM	338 ± 11^a	92.7 ± 1.6^b
10 PPM	345 ± 9^a	96.2 ± 1.4^a
15 PPM	343 ± 17^a	94.5 ± 1.8^{ab}

¹Values with different superscripts within the same column are significantly different ($P < 0.05$).

²Values with different superscripts within the same column are significantly different ($P < 0.01$).

2. 치어의 갑상선 세포 활성화, 기형률 및 체성분

T_3 투여 마지막 날인 50일째, TCH는 Table 3과 같이 CONTROL구가 $13.6 \pm 1.6 \mu\text{m}$ 로 가장 높았으며 SHAM구 ($12.0 \pm 2.5 \mu\text{m}$) 및 5 PPM구 ($10.1 \pm 1.8 \mu\text{m}$)와는 유의차가 없었다. 그러나 10 PPM구 ($8.1 \pm 1.3 \mu\text{m}$) 및 15 PPM구 ($6.0 \pm 0.7 \mu\text{m}$)는 CONTROL구나 SHAM구에 비해 모두 낮은 TCH값을 나타내었다 ($P < 0.01$).

실험구별 기형률은 CONTROL구 $1.75 \pm 0.39\%$, SHAM구 $1.60 \pm 0.35\%$, 5 PPM구 $2.10 \pm 0.07\%$, 10 PPM구 $3.10 \pm 0.28\%$ 로 15 PPM구 ($3.85 \pm 0.60\%$)가 10 PPM구를 제외한 다른 모든 실험구보다 유의하게 높게 나타났으며, 전체적으로 볼 때 T_3 구들이 대조구보다 높은 경향을 보였다. 그러나 CONTROL구 및 SHAM구 사이에는 유의차가 없었다 (Table 3).

실험 종료시 실험구별 전 어체성분 분석 결과는 Table 4와 같다. 수분 함량은 실험구간 유의차를 찾아 볼 수 없었다. 단백질 함량은 15 PPM구 ($58.9 \pm 0.6\%$)가 5 PPM구 ($57.1 \pm 0.8\%$)를 제외한 모든

Table 3. Mean thyroid epithelial cell heights (TCH) and abnormality of juvenile *Sebastes schlegeli* fed T₃-supplemented diets on 50th day of experimental period

Treatment	TCH (μm) ¹	Abnormality (%) ²
CONTROL	13.6 \pm 1.6 ^a	1.75 \pm 0.39 ^a
SHAM	12.0 \pm 2.5 ^a	1.60 \pm 0.35 ^a
5 PPM	10.1 \pm 1.8 ^{ab}	2.10 \pm 0.07 ^{ab}
10 PPM	8.1 \pm 1.3 ^{bc}	3.10 \pm 0.28 ^{bc}
15 PPM	6.0 \pm 0.7 ^c	3.85 \pm 0.60 ^c

^{1,2}Values with different superscripts within the same column are significantly different (P<0.05).

Table 4. Whole body proximate composition (% dry matter basis) of juvenile *Sebastes schlegeli* fed T₃-supplemented diets on 50th day of experimental period¹

Treatment	Moisture (%)		Protein (%) ²		Lipid (%) ³		Ash (%) ⁴	
	mean	s.e.m.	mean	s.e.m.	mean	s.e.m.	mean	s.e.m.
CONTROL	69.3	0.2	56.6 ^b	0.1	28.1 ^b	0.1	15.3 ^a	0.1
SHAM	69.0	0.5	56.8 ^b	0.5	28.7 ^a	0.1	14.5 ^b	0.3
5 PPM	69.5	0.5	57.1 ^{ab}	0.8	27.8 ^{ab}	1.0	15.0 ^a	0.3
10 PPM	68.8	0.5	56.3 ^b	1.3	28.5 ^{ab}	1.7	15.2 ^a	0.3
15 PPM	69.3	0.3	58.9 ^a	0.6	26.7 ^c	0.1	14.5 ^b	0.2

¹Analyses were carried out on three samples (five fish per sample) from the replicate groups.

^{2,3,4}Values with different superscripts within the same column are significantly different (P<0.05).

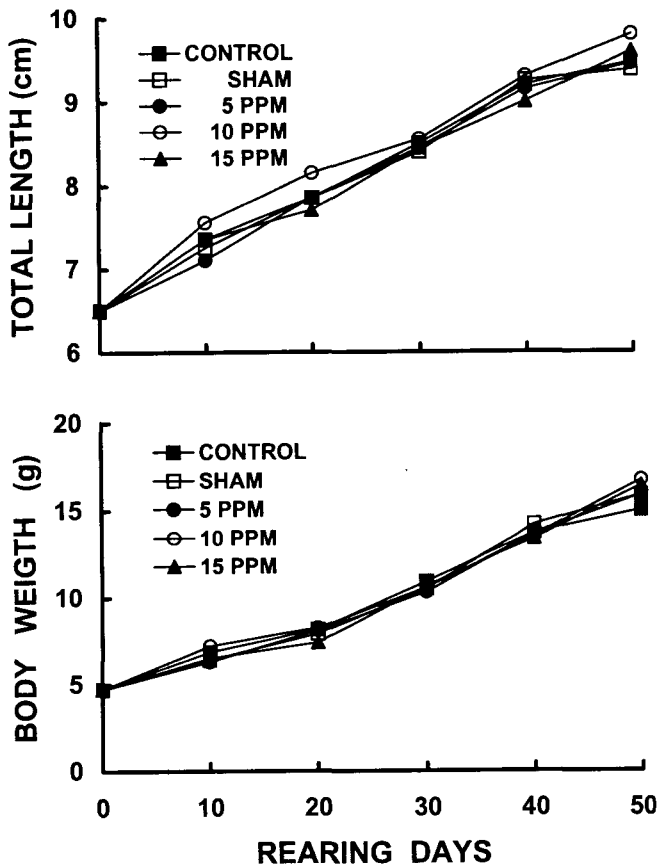


Fig. 1. Growth in total length and body weight of juvenile *S. schlegeli* fed with the diets varying in level of T₃ (0, 5, 10 and 15 ppm) for 50 days.

실험구에 비해 많았으나, 그 외 T₃구는 대조구들과 차이를 보이지 않았다. 한편 어체 내 지질 함량의 경우 15 PPM구가 26.7 \pm 0.1%로서 대조구들에 비해 적었고, 5 PPM구와 10 PPM구는 대조구들과 큰 차이가 없었다. 회분 함량은 5 PPM구와 10 PPM구가 SHAM구 보다 높게 나타났지만 뚜렷한 경향을 파악할 수 없었다 (P<0.05).

3. 치어의 성장, 비만도 및 생존율

실험구별 치어의 성장은 Fig. 1과 같다. 길이 성장에 있어서는 실험 개시시 전체 실험어의 평균 전장이 6.52 \pm 0.10 cm인 치어가

30일간 사육 후 전장 8.40~8.55 cm로 증대된 것을 알 수 있었지만, 실험구간의 차이는 발견할 수 없었다. 그러나 그 이후 실험구간에 성장속도의 차이를 보이며, 실험 종료시 10 PPM구가 9.80 \pm 0.26 cm로 CONTROL구 (9.47 \pm 0.31 cm), SHAM구 (9.38 \pm 0.38 cm)보다 빠른 성장을 나타내는 것을 알 수 있었다. 이것을 일간 성장률로 나타내면 10 PPM (6.60 \pm 0.20%)구가 15 PPM (6.20 \pm 0.20%)와는 차이가 없었지만, 나머지 다른 실험구에 비해 빠른 성장을 나타내는 것을 알 수 있었다 (Table 5).

무게 성장의 경우에는 실험 개시시 평균 체중 4.70 \pm 0.10 g이었던 것이 실험 종료시에는 10 PPM구 및 15 PPM구가 각각 16.70 \pm 0.26 g, 16.40 \pm 0.48 g으로 CONTROL구 (15.0 \pm 0.35 g), SHAM구 (15.85 \pm 0.26 g) 보다 빨랐으며 (Fig. 1), 각 실험구별 일간 성장률은 10 PPM구 24.0 \pm 1.4%, 15 PPM구 23.4 \pm 2.2%, CONTROL구 20.6 \pm 0.2%, SHAM구 22.3 \pm 0.3%, 5 PPM구 22.3 \pm 0.3%의 순이었다 (Table 5).

실험 종료시 어체의 비만도는 Fig. 2와 같이 CONTROL구에서 18.4 \pm 0.5로 가장 낮은 수치를 보였고, SHAM구에서 19.8 \pm 0.6으로 가장 높았다 (P<0.05). T₃구들의 경우 18.9~19.0으로 대조구들과는 유의한 차이가 없었지만, SHAM구 보다는 낮고, CONTROL구 보다는 높은 경향을 나타냈다.

실험구별 조피볼락 치어가 생존율에 차이를 보인 것은 Fig. 3과 같이 실험 20일경부터였다. CONTROL구에서는 사육 10일째에 98.8%였던 것이 20일째 71.3%, 30일째 69.4%로 감소하였으며, 실험 종료시에는 68.9 \pm 27.2%로 모든 실험구 중에서 가장 높은 생존율을 보였다. SHAM구는 10일째 66.2%, 20일 44.1%의 생존율을 보였으며, 실험 종료시에는 31.1 \pm 11.5%로 가장 낮은 값을 나타내었다. T₃구들의 경우, 5 PPM구는 10일째의 93.4%로부터 실험 중

Table 5. Specific growth rate calculated for total length (SGRL) and body weight (SGRW) of juvenile *Sebastes schlegeli* fed with the diets varying in T₃ levels (0, 5, 10 and 15 ppm) for 50 days

Treatment	SGRL (%) ¹	SGRW (%) ²
CONTROL	5.94 ± 0.14 ^b	20.6 ± 0.2 ^c
SHAM	5.75 ± 0.05 ^b	22.3 ± 0.3 ^b
5 PPM	5.90 ± 0.30 ^b	22.3 ± 0.3 ^b
10 PPM	6.60 ± 0.20 ^a	24.0 ± 1.4 ^a
15 PPM	6.20 ± 0.20 ^{ab}	23.4 ± 2.2 ^a

^{1,2}Values with different superscripts within the same column are significantly different(P<0.05).

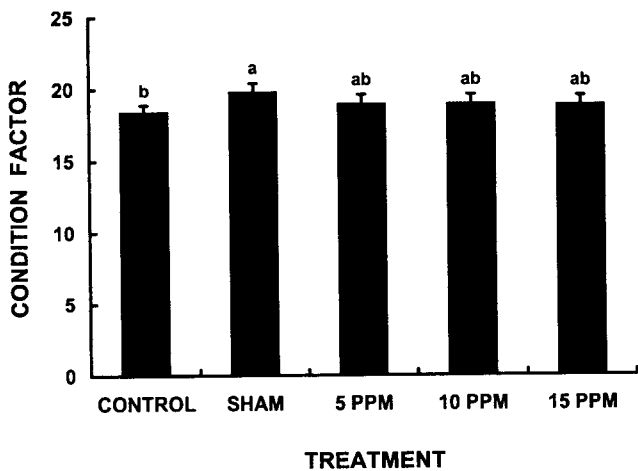


Fig. 2. Condition factor of juvenile *S. schlegeli* fed with the diets varying in level of T₃ (0, 5, 10 and 15 ppm) for 50 days.

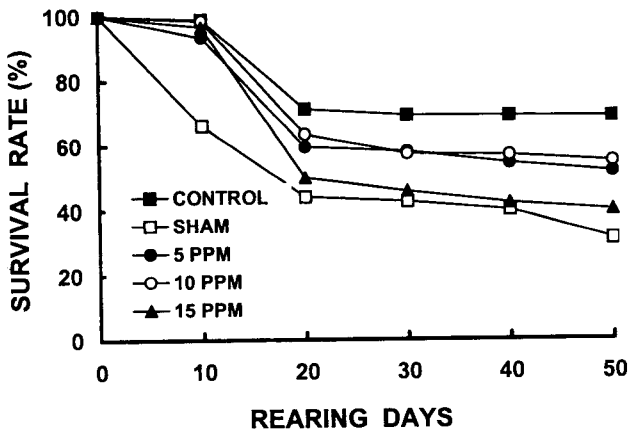


Fig. 3. Survival rate (%) of juvenile *S. schlegeli* fed with the diets varying in level of T₃ (0, 5, 10 and 15 ppm) for 50 days.

료시에 51.7 ± 18.9%로 낮아졌으며, 10 PPM구에서는 10일째 98.5%이었던 것이 실험 종료시에 54.9 ± 3.9%로, 15 PPM구에서는 10일째 96.6%로부터 실험 종료시에 40.0 ± 5.1%로 낮아졌다. 결과적으로

T₃구들의 생존율은 CONTROL구 보다는 낮았지만, SHAM구에 비해 높았으며, 그 중에서도 10 PPM구가 가장 높은 생존율을 보였다.

고 찰

THs는 어류의 식욕증진 (Fagerlund et al., 1979), 먹이와 단백질 전환효율 (Degani and Gallagher, 1986; Ince et al., 1982) 및 골격성장 (Fagerlund et al., 1980; Higgs et al., 1982; Saunders et al., 1985) 촉진 등에 관여하여 성장을 증진시키는 것으로 알려져 있다.

그 중 외인성 THs의 처리에 의한 어류의 식욕 증진 효과는 일부 연구자들에 의해 확인된 바 있으나 (Fagerlund et al., 1979; Higgs et al., 1992; Woo et al., 1991), red drum (*Sciaenops ocellatus*)을 대상으로 한 Moon et al. (1994)의 연구와 감성돔을 대상으로 한 Kang and Chang (1997)의 연구에서는 파악할 수 없었다. 오히려 감성돔의 경우 15 ppm 이상의 고농도에서는 식욕 감퇴 현상만을 확인하였다. 그러나 조피볼락을 대상으로 한 본 연구에서는 SHAM구와 비교해 10 PPM구와 15 PPM구가 유의차는 없지만 다소 높은 섭취율을 나타내어, 차후 연구에서 외인성 T₃의 식욕증진 효과를 기대해 볼 수 있다. 한편 CONTROL구에 비해 전 실험구가 높은 사료섭식률과 대조구인 CONTROL구와 SHAM구 비교를 통한 SHAM구의 높은 수치는, 에탄올의 식욕증진 효과로 추정되지만 구체적인 기작은 파악하지 못했다. 또한 THs는 Fagerlund et al. (1980, 1984), Higgs et al. (1992), Hilton et al. (1987) 및 Woo et al. (1991) 등의 연구에서 어류의 사료효율을 향상시키는 것으로 나타났다. 그러나 국내에서 이루어진 감성돔에 대한 연구 (Kang and Chang, 1996)에서는 T₃ 10 ppm이 유의차 없이 다소 높은 사료효율을 나타낸 것 이외에는 이렇다할 연관성을 찾아볼 수 없었다. 하지만 본 연구에서 10 PPM구가 대조구에 비해 유의하게 높은 사료효율을 보여, THs 처리에 따른 사료효율 증진 효과를 기대할 수 있다.

TCH는 갑상선 활성 지표로서 외인성 THs 자극에 의해 변화하는 것으로 알려져 있다 (Fagerlund et al., 1984; Higgs et al., 1983; Honma and Ikarashi, 1985; Kang and Chang, 1997). 외인성 THs 투여는 양서류 변태에서와 같은 positive feedback effect에 의해 무지개송어 (Fagerlund et al., 1984)의 갑상선을 활성화시키지만, chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*)의 경우 뇌하수체내 TSH의 분비 억제, 갑상선 자극 감소 및 세포활성 저하 등 일련의 과정에 의해 오히려 갑상선의 활성을 저하시킬 수도 있다 (Higgs et al., 1982, 1983). 본 연구에서는 Kang and Chang (1997)과 마찬가지로 뚜렷한 갑상선 활성은 찾아 볼 수 없었고, 오히려 negative feedback effect에 의한 TCH 감소 현상만을 확인할 수 있었다. 그러나 이와 같은 연구 결과는 처리 농도가 모두 5 ppm 이상이어서, 종 특이성과 농도 감수성을 감안해 볼 때 저농도 처리시 갑상선 활성 증진효과를 기대해 볼 수도 있을 것이다.

경골어류의 골격 및 형태 발달에 있어 THs 관련성은 여러 어종에서 확인된 바 있다 (Fagerlund et al., 1980; Higgs et al., 1982; Saunders et al., 1985; Kang and Chang, 1997). 그러나 다량의

THs는 어류의 지느러미, 아가미 뚜껑 및 턱의 이상 발달뿐만 아니라, 척추의 측만증 (scoliosis) 또는 전만증 (lordosis) 등을 유발시켜 골격기형 개체를 생산하기도 한다 (Higgs et al., 1982; Nacario, 1983; Weber et al., 1992; Kang and Chang, 1997). 본 연구에서는 높은 비율은 아니었지만, T₃ 투여농도 증가에 의한 미부 척추골의 전만증, 아가미 뚜껑의 비틀어짐 등 골격이상 개체를 볼 수 있었다. 이것은 은연어 (Higgs et al., 1979), 대서양 연어 (Saunders et al., 1985) 및 감성돔 (Kang and Chang, 1997)에서 나타난 결과와 일치하는 것으로서, THs 처리에 의한 어류의 비정상적인 형태 발달에 각별한 주의가 요망된다. 한편 THs는 수분, 단백질, 지질 및 탄수화물과 같은 어체의 체성분 조성에 영향을 미칠 수 있다 (Higgs et al., 1982; Matty and Lone, 1985; Plisetskaya et al., 1983; Kang and Chang, 1997). 본 연구의 경우 조피볼락의 수분과 회분은 T₃ 투여에 의한 특이할만한 영향을 나타내지는 않았다. 그러나 어체의 단백질량은 15 PPM구가 Kang and Chang (1997)과 Fagerlund et al. (1984)의 연구결과와 유사하게 대조구에 비해 높게 나타났으며, 반대로 지방은 낮은 함량을 보였다. 이것은 T₃의 근육내 단백질 축적 증대, 간내 글리코젠 합성 및 축적 감소 (Farbridge and Leatherland, 1988)와 간의 글리코젠과 지질 이용률 증대 (Fagerlund et al., 1984)에 의한 체내 지방축적 저하에 따른 것으로 사료된다.

외인성 THs에 의한 양식어류의 성장 촉진은 은연어 (Fagerlund et al., 1980), chinook salmon (Higgs et al., 1983), 틸라피아 (Matty and Lone, 1985), 미국산 장어 (Degani and Gallagher, 1986), 무지개송어 (Higgs et al., 1992), 참돔 (Woo et al., 1991) 및 감성돔 (Kang and Chang, 1996) 등을 통해 확인한 것과 같이, 먹이 섭취량과 사료효율 증대 및 골격발달과 체조성 변화 등 여러 요인들의 복합적 작용에 의한 것으로 본다 (Higgs et al., 1992). 본 연구에서도 조피볼락 치어의 길이 및 무게 성장이 T₃에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 특히 10 PPM구가 대조구에 비해 뛰어난 성장촉진 효과를 보였으며, Kang and Chang (1996)의 연구에서와 같은 T₃에 의한 성장억제 현상은 없었다. 이러한 THs의 성장촉진 기능은 GH와의 상호작용에 의해 체중과 골격 성장에 직·간접적으로 영향을 미쳐 나타난 결과로 생각된다 (Farbridge and Leatherland, 1988; Plisetskaya et al., 1983). 특히 외인성 THs가 근육성장 보다는 상대적으로 골격 성장을 증대시켰을 경우에는 어체의 비만도 감소를 유발할 수 있다. Kang and Chang (1996)은 고농도의 T₃가 감성돔의 비만도를 감소시키는 것을 알아냈으며, 본 연구 역시 SHAM구와 비교해 T₃ 농도 증가에 따른 비만도 감소 현상이 나타나, THs의 골격성장 증대효과와의 관련성을 재확인할 수 있다.

외인성 THs 처리에 의한 자치어의 생존율 향상 효과는 틸라피아 (Lam, 1980), 잉어 (Lam and Sharma, 1985) 및 감성돔 (Kang and Chang, 1996)에서 확인할 수 있다. 이러한 결과는 Higgs et al. (1982)에 의하면 어체의 환경내성에 대한 THs의 보완 작용에 의한 것으로 보고 있지만, 어떠한 생리적 기작에 의한 것인지는 구체적으로 알려진 것이 없다. 다만 이러한 결과는 THs가 어체의 환경내성 (산소소비율, 수온내성, 삼투조절) 및 물질대사 (비타민,

단백질, 지질, 탄수화물)에 관여하므로 (Leatherland, 1982), 어체의 생리활성을 강화시켜 (Kang and Chang, 1996) 나타난 것으로 추정된다. 조피볼락에 있어서는 모든 T₃구가 SHAM구 보다 높은 생존율을 보여 외인성 T₃의 증진효과가 있는 것으로 추정된다. 그러나 아무런 처리를 하지 않았던 CONTROL구에서 상대적으로 높은 생존율이 나타나어 T₃의 처리방법에 대한 검토가 요구된다.

이상의 결과를 종합하면, 실험적 수준에서 조피볼락 치어에 있어 T₃의 경구투여로 성장도의 향상효과가 있는 것으로 나타났지만, T₃의 처리에 의해 기형률 증가와 사육조건에 따른 T₃의 어체 감수성 및 활성도 차이가 존재할 수 있기 때문에 조피볼락의 대량 종묘생산시 T₃ 경구투여는 신중하게 생각해 볼 필요가 있다. 그러므로 높은 생산성을 유지한 가운데 건강 종묘생산을 위한 T₃ 이용 기술을 실용화하기 위해서는 다양한 사육조건 하에서 T₃ 농도 및 투여방법에 따른 효과 검토가 더 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

조피볼락, *S. schlegeli* 치어의 생리, 성장 및 생존율에 미치는 3, 5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) 효과를 파악하기 위해 T₃를 0, 5, 10 및 15 ppm으로 사료에 섞어 경구투여하였다.

실험 종료시 섭식률 및 사료효율은 10 PPM구가 가장 높게 나타났으며, TCH는 처리농도가 높아질수록 낮은 TCH값을 나타내었다. 실험구별 기형률은 T₃처리 농도가 높아질수록 높게 나타났다. 실험 종료시 체성분 분석 결과, 수분과 회분 함량은 실험구간 유의차를 찾아 볼 수 없었고, 단백질 함량은 15 PPM구가 5 PPM구를 제외한 모든 실험구에 비해 많았으며, 지질 함량의 경우 15 PPM구가 대조구에 비해 적었고, 5 PPM구와 10 PPM구는 대조구와 큰 차이가 없었다. 실험구별 길이 및 무게 성장은 10 PPM구가 지속적인 성장을 보여 실험 종료시 9.80 ± 0.26 cm로 대조구에 비해 빠른 성장을 보였다. 실험구별 비만도는 T₃구가 18.9~19.0으로 대조구와 유의한 차이를 나타내지 않았다. 각 실험구별 사육어의 생존율은 CONTROL구가 가장 높았고, CONTROL구를 제외하고는 10 PPM구가 다른 실험구에 비하여 높게 나타났다.

참 고 문 헌

- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, pp. 17, 565, 868, 931, 932.
- Chang, Y.J. and D.Y. Kang. 1998. Maternal injection of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) causes changes of thyroid hormone levels in plasma, eggs and yolk-sac larvae in female rockfish (*Sebastes schlegeli*). J. Korean Fish. Soc., 31, 721~726 (in Korean).
- Degani, G. and M.L. Gallagher. 1986. The influence of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine on the growth survival and body composition of slow-growing development elvers (*Anguilla rostrata* L.). Comp. Biochem. Physiol., 84A, 7~11.
- Fagerlund, U.H.M., D.A. Higgs and J.R. McBride. 1979. Influence of feeding a diet containing 17 α -methyl-testosterone at two ration levels on growth, appetite and food conversion efficiency of

- underyearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). In *Fish Nutrition and Fishfeed Technology*, Vol. 1, J.E. Halver and K. Tiews, eds. Heenemann Verlagsgesellschaft, Berlin, pp. 221~230.
- Fagerlund, U.H.M., D.A. Higgs, J.R. McBride, M.D. Plotnikoff and B. S. Dosanjh. 1980. The potential for using the anabolic hormones 17 α -methyl-testosterone and (or) 3,5,3'-triiodo-L-thyronine two ration levels in the fresh water rearing of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and the effects on subsequent seawater performance. *Can. J. Zool.*, 58, 1424~1432.
- Fagerlund, U.H.M., I. McCallum, D.A. Higgs, J.R. McBride, M.D. Plotnikoff and B.S. Dosanjh. 1984. Diet composition as a factor in the anabolic efficacy of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine administered orally to steelhead trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 36, 49~59.
- Farbridge, K.R. and J.F. Leatherland. 1988. Interaction between ovine growth hormone and triiodo-L-thyronine on metabolic reserve of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Fish Physiol. Biochem.*, 5, 141~151.
- Higgs, D.A., B.S. Dosanjh, L.M. Uin, B.A. Himick and J.G. Eales. 1992. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels and chronic 3,5,3'-triiodo-L-thyronine treatment on growth, appetite, food and protein utilization and body composition of immature rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, at low temperature. *Aquaculture*, 105, 175~190.
- Higgs, D.A., U.H.M. Fagerlund, J.G. Eales and J.R. McBride. 1982. Application of thyroid and steroid hormones as anabolic agents in fish culture. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73B, 143~176.
- Higgs, D.A., U.H.M. Fagerlund, J.R. McBride and J.G. Eales. 1979. Influence of orally administered L-thyroxine or 3,5,3'-triiodo-L-thyronine on growth, food consumption and food conversion of underyearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Zool.*, 57, 1974~1979.
- Higgs, D.A., U.H.M. Fagerlund, J.R. McBride, M.D. Plotnikoff, B.S. Dosanjh, J.R. Markert and J. Davidson. 1983. Protein quality of Altex Canola Meal for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) considering dietary protein and 3,5,3'-triiodo-L-thyronine content. *Aquaculture*, 34, 213~238.
- Hilton, J.W., E.M. Plisetskaya and J.F. Leatherland. 1987. Does oral 3,5,3'-triiodo-L-thyronine affect dietary glucose utilization and plasma insulin levels in rainbow trout (*Salmo gairdneri*)? *Fish Physiol. Biochem.*, 4, 113~120.
- Honma, Y. and R. Ikarashi. 1985. Studies on the endocrine glands of a salmonoid fish, the ayu, *Plecoglossus altivelis* Temminck et Schlegel-X. Histology of the endocrine glands of the ayu retained in sea water. *Rep. Sado Mar. Biol. Stat., Niigata Univ.*, 15, 15~26.
- Ince, B.W., K.P. Lone and A.J. Matty. 1982. Effect of dietary protein level, and an anabolic steroid, ethylestrenol on the growth, food conversion efficiency and protein efficiency ratio of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Brit. J. Nut.*, 47, 615~624.
- Kang, D.Y. and Y.J. Chang. 1996. Effects of dietary 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) on growth and survival rate in juvenile black seabream, *Acanthopagrus schlegelii*. *J. Aquaculture*, 9, 215~222 (in Korean).
- Kang, D.Y. and Y.J. Chang. 1997. Effects of exogenous thyroid hormone (T₃) on skeletal development and physiological conditions of juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegelii*). *J. Korean Fish. Soc.*, 30, 305~312 (in Korean).
- Kang, D.Y., Y.J. Chang, Y.C. Sohn and K. Aida. 1998. Changes in plasma levels of thyroid and sex steroid hormones in rockfish (*Sebastes schlegelii*) during maturation and parturition Periods. *J. Korean Fish. Soc.*, 31, 574~580 (in Korean).
- Kang, D.Y. and Y.J. Chang. 1998. Improvement of growth and survival rate in larval and juvenile rockfish (*Sebastes schlegelii*) from mother fish in vitellogenesis injected with 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃). *J. Aquaculture*, 11, 303~310 (in Korean).
- Lam, T.J. 1980. Thyroxine enhances larval development and survival in *Sarotherodon (Tilapia) mossambicus* Rupell. *Aquaculture*, 21, 287~291.
- Lam, T.J. and R. Sharma. 1985. Effect of salinity and thyroxine on larval survival, growth, and development in the carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 44, 201~212.
- Leatherland, J.F. 1982. Environmental physiology of the teleostean thyroid gland: A review. *Env. Biol. Fish.*, 7, 83~110.
- Matty, A.J. and K.P. Lone. 1985. The hormonal control of metabolism and feeding. In *Fish Energetics*, P. Tytler and P. Calow, eds. Croom Helm, London, pp. 185~209.
- Moon, H.Y., D.S. MacKenzie and D.M. Gatlin. 1994. Effect of dietary thyroid hormones on the red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Fish Physiol. Biochem.*, 12, 369~380.
- Nacario, J.F. 1983. The effect of thyroxine on the larvae and fry of *Sarotherodon niloticus* L. (*Tilapia nilotica*). *Aquaculture*, 34, 73~83.
- Plisetskaya, E., N.Y. Woo and J.C. Murat. 1983. Thyroid hormones in cyclostomes and fish their role in regulation of intermediary metabolism. *Comp. Biochem. Physiol.*, 74A, 179~187.
- Refstie, T. 1982. The effect of feeding thyroid hormones on saltwater tolerance and growth rate of Atlantic salmon. *Can. J. Zool.*, 60, 2706~2712.
- Saunders, R.L., S.D. McCormick, E.B. Henderson, J.G. Eales and C.E. Johnston. 1985. The effect of orally administered 3,5,3'-triiodo-L-thyronine on growth and salinity tolerance of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 45, 143~156.
- Weber, G.M., D.K. Okimoto and E.G. Grau. 1992. Patterns of thyroxine (T₄) and triiodothyronine (T₃), in serum and follicular-bound oocytes of the tilapia, *Oreochromis mossambicus*, during oogenesis. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 85, 392~404.
- Woo, N.Y.S., A.S.B. Chung and T.B. Ng. 1991. Influence of oral administration of 3,5,3'-triiodo-L-thyronine on growth, digestion, food conversion and metabolism in the underyearling red sea bream, *Chrysophrys major* (Temminck & Schlegel). *J. Fish Biol.*, 39, 495~468.

2001년 1월 13일 접수

2001년 11월 2일 수리