

감성돔, *Acanthopagrus schlegeli* 치어의 성장과 생존에 미치는 외인성 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) 효과

강덕영 · 장영진
부경대학교 양식학과

Effects of Dietary 3,5,3'-Triiodo-L-Thyronine (T₃) on Growth and Survival Rate in Juvenile Black Seabream, *Acanthopagrus schlegeli*

Duk Young Kang and Young Jin Chang

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

An experiment was conducted to assess the effects of dietary 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) at 0, 10, 20, 50, 100 ppm on growth and survival rate in juvenile black seabream held at 27.9±1.1°C for 50 days. Fish were fed the T₃ experimental diet for 40 days by hand to satiation in 2~4 times per day. After 50 days period, food intake rate (%), feed efficiency (%), survival rate (%), growth of weight and length (specific growth rates), and condition factor were measured.

Food intake rate was inversely related to the dietary T₃ level. But feed efficiency was not changed by T₃ level. T₃ slightly improved survival rate of larvae. Survival rate of larvae from 100 ppm was significantly higher than that of fish from control. Dietary T₃ influenced growth in length and weight. Growth of black seabream fed a diet containing 10 ppm of T₃ was significantly higher than that of fish fed control. However 100 ppm of T₃ induced the inhibition for length and weight growth. The condition factor was inversely related to the dietary T₃ content.

Key words : Black seabream, Juvenile, Growth, Survival rate, 3,5,3'-triiodo-L-thyronine

서론

양식 생산에 있어서 기본적인 전제조건은 최소의 비용으로 양식 대상종의 최대 성장을 유도하는 데 있다. 또한 판매시 소비자의 선호도에 부응할 수 있는 개체를 생산할 수 있어야 한다. 이러한 측면에서 최근에는 생산성 향상을 위한 내분비학적 측면의 연구가 시도되고 있다. 특히 갑상선호르몬은 어류 자치어의 변태촉진과 생존율을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라(Higgs et al., 1982), 어류의 성장에 영향을 미칠 수 있어

1979 ; Higgs et al., 1979 ; Lam, 1980 ; McBride et al., 1982 ; Piggins, 1962), 종묘생산시 이를 응용하면 종묘의 사육기간을 단축시키고, 생산성을 높일 수 있다(Higgs et al., 1982). 양식 어류에 있어 갑상선호르몬의 성장촉진 효과, 특히 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) 투여에 의한 성장촉진 효과는 은연어, *Oncorhynchus kisutch* (Higgs et al., 1979), 대서양 연어, *Salmo salar* (Refstie, 1982 ; Saunders et al., 1985), 미국 장어, *Anguilla rostrata* (Degani et al., 1986), 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss* (Fagerlund et al., 1984 ; Higgs et al., 1992) 및

참돔, *Chrysophrys major* (Woo et al., 1991) 등에서 보고된 바 있다.

본 연구는 갑상선호르몬의 일종인 T₃를 유용 양식 대상 종인 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli* 치어에게 경구투여하여 사료섭식률, 사료효율, 생존 및 성장에 미치는 영향을 분석하였다. 아울러 감성돔 치어의 성장을 향상시킬 수 있는 T₃의 적정 투여량을 검토하고, T₃를 실질적으로 종묘 생산에 적용할 수 있는지의 여부를 파악하는 데 목적을 두었다.

재료 및 방법

실험어로는 감성돔, *A. schlegeli* 치어(전장 2.21 ± 0.29 cm, 체중 0.17 ± 0.07 g)를 사용하였고, 실험은 50일 동안 2회 반복으로 실시하였다. 사육수조는 1톤 사각수조를 이용하였으며, 사육밀도는 실험 개시시 수조당 500마리로 하였다. 사육수는 여과해수를 이용하였으며, 환수율은 1일 20~30회로 하였다. 사육기간 중 환경은 수온 27.9 ± 1.1°C, 비중 1.0245 ± 0.0007, pH 8.1 ± 0.1, DO 4.8 ± 0.9 mg/l였다. 실험에 사용된 사료는 조피볼락 종묘용 상품 사료로서 성분 조성은 Table 1과 같다.

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

Component	Composition
Protein	55.0~55.5
Lipid	7.0~ 8.8
Ash	15.0~15.9
Moisture	10.0~12.3

실험에 사용된 호르몬인 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) sodium salt (Sigma)를 95% 에탄올-0.1 N NaOH 용액에 녹였으며, 이를 농도별(0, 10, 20, 50 및 100 ppm)로 사료에 섞어 실험사료를 만든 다음 -20°C에서 냉동 보관하였다(Higgs et al., 1979; Woo et al., 1991). 단 0 ppm (대조구)에서는 95% 에탄올과 0.1 N NaOH를 혼합한 용액만 첨가한 사료를

주었다. T₃ 경구투여는 전체 사육기간 50일중 40일 동안만 실시하였으며, 사료 공급은 1일 2~4회로 나누어 실험어가 반복 상태에 이를 때까지 실시하였다.

이때 포식량을 기록하여 사료섭식률(Richardson et al., 1985)과 사료효율을 각각 다음식으로 계산하였다.

$$\text{사료섭식률(\%)} = \left[\frac{\text{사료 섭취량}}{\log W_{t+1} + \log W_t - 2} \right] \times 100$$

— 실험 기간(50일 동안)

— t: 개시일, t+1: 종료일, W: 습중량

$$\text{사료효율(\%)} = \left(\frac{\text{어체의 습중량 증가분}}{\text{전조 사료 섭취량}} \right) \times 100$$

또한 실험 종료시 생존율을 산정하기 위해 사육기간중 매일 실험구당 폐사 개체를 계수하였다.

실험어의 전장과 체중의 성장도는 매 10일 간격으로 측정하였고, 실험 종료시 이들 값으로부터 길이(SGRL; specific growth rate of length)와 무게(SGRW; specific growth rate of weight)의 일간 성장률(Higgs et al., 1992) 및 비만도(Moon et al., 1994)를 각각 다음식에 의하여 구하였다.

$$\text{SGRL(\%)} = \left(\frac{\text{종료시 평균 전장} - \text{개시시 평균 전장}}{\text{사육 일수}} \right) \times 100$$

$$\text{SGRW(\%)} = \left(\frac{\text{종료시 평균 중량} - \text{개시시 평균 중량}}{\text{사육 일수}} \right) \times 100$$

$$\text{비만도} = \frac{\text{최종 어체 습중량}}{(\text{전장})^3} \times 100$$

각 실험 결과는 일원분산분석(one-way ANOVA)과 Duncan's multiple range test (Zar, 1974)로 검정하였다.

결 과

1. 사료섭식률, 사료효율 및 생존율

실험 종료시 사료섭식률은 10 ppm구가 가장

Table 2. Performance of juvenile black seabream fed diets varying in levels of T₃ (0, 10, 20, 50 and 100 ppm) for 50 days

T ₃ (ppm)	Food intake rate ¹ (%)	Feed efficiency (%)	Survival rate ² (%)
0	18.0 ± 0.2 ^{ab}	87.8 ± 3.1	78.0 ± 0.6 ^b
10	18.7 ± 1.0 ^a	92.1 ± 4.6	81.4 ± 1.9 ^{ab}
20	17.9 ± 1.3 ^{ab}	89.9 ± 7.4	82.5 ± 1.7 ^{ab}
50	16.2 ± 0.3 ^{bc}	89.5 ± 0.8	85.1 ± 0.3 ^{ab}
100	13.2 ± 0.1 ^c	86.3 ± 0.6	94.1 ± 0.5 ^a

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

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

높았지만, 대조구, 20 ppm구 및 50 ppm구와는 큰 차를 나타내지 않았다. 그러나 100 ppm구는 대조구, 10 ppm 및 20 ppm구보다 적음을 알 수 있었다. 각 실험구간의 사료효율은 10 ppm구가 대조구를 비롯한 다른 모든 실험구와 비교해 가장 높게 나타났지만, 유의한 차이는 인정할 수 없었다. 각 실험구별 사육어의 생존율 차이는 실험 초기 5~10일 사이에 일어났다. 100 ppm구는 대조구에 비해 유의하게 높게 나타났으나(P<0.01), 그 외 실험구는 대조구와 큰 차이를 나타내지 않았다(Table 2).

2. 전장 및 체중의 성장

실험구별 전장 성장은 Fig. 1에서 보는 바와 같이, 실험 개시시 평균 전장 2.21 ± 0.29 cm이었던 것이 사육 20일째까지는 4.26 ± 0.32~4.64 ± 0.27 cm의 범위로 자라나 각 실험구별로 차이를 보이지 않았다. 그러나 사육 30일째부터는 실험구별 성장 차이를 나타내, 10 ppm구는 6.04 ± 0.26 cm로 가장 빠른 성장을 보인 반면, 100 ppm 구는 5.57 ± 0.38 cm로 가장 느린 성장을 나타냈다. 사육 40일째는 이러한 성장 경향이 더욱 두드러져 10, 50, 20, 대조구, 100 ppm 순으로 빠른 성장을 보였으며, 각 실험구별 성장에 있어 10, 20, 50 ppm구와 대조구, 100 ppm구 사이에 유의한 성장 차이를 나타냈다(P<0.05). 한편 T₃ 처리 종료 10일 후인 사육 50일째의 실험구에서 대조구에 비해 유의하게 빠른 성장을 나타낸 것은 10 ppm구 뿐이었으며, 100 ppm구는 오히려

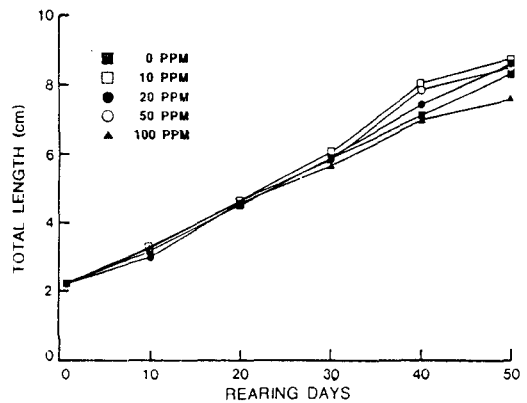


Fig. 1. Growth in total length of juvenile black seabream fed diets varying in level of T₃ (0, 10, 20, 50 and 100 ppm) for 50 days.

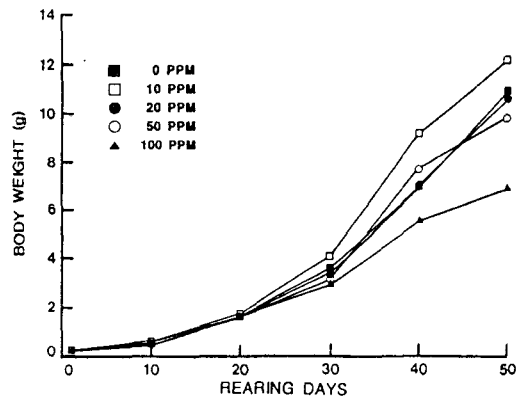


Fig. 2. Growth in body weight of juvenile black seabream fed diets varying in level of T₃ (0, 10, 20, 50 and 100 ppm) for 50 days.

느린 성장을 보였다.

체중 성장은 Fig. 2에서 보는 바와 같이, 실험

개시시 평균 체중 0.17 ± 0.07 g이었던 것이 사육 30일째까지는 $2.75 \pm 0.39 \sim 4.12 \pm 0.27$ g의 범위로 자라나, 각 실험구별로 차이를 보이지 않았다.

그러나 사육 40일째 대조구에 비해 유의하게 빠른 성장을 나타낸 것은 10 ppm구(9.17 ± 0.25 g)뿐이었으며, 100 ppm구는 모든 실험구에 비해 유의하게 느린 성장을 나타냈다. 실험 종료시 10 ppm구는 대조구 및 다른 실험구에 비해 빠른 성장을 나타내었지만, 50 ppm구와 100 ppm구는 대조구보다 성장이 느렸다($P < 0.01$).

3. 일간 성장률

실험 종료시의 SGRL은 Fig. 3과 같이 대조구의 $10.9 \pm 0.1\%$ 에 비해 10 ppm구만이 $11.8 \pm 0.1\%$ 로 높았고, 20 ppm구 및 50 ppm구는 유의한 차이가 없었다. 그러나 100 ppm구의 경우에는 다른 실험구들에 비해 매우 낮은 값을 나타내었다.

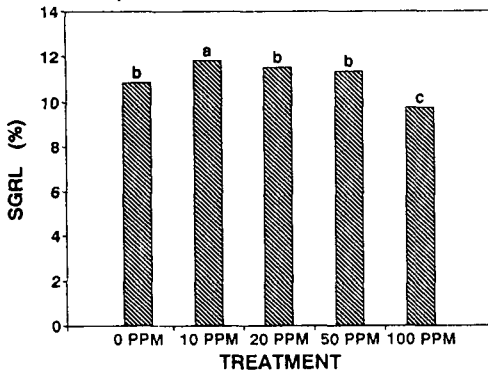


Fig. 3. Specific growth rate calculated for total length (SGRL) of juvenile black seabream fed various levels of T_3 (0, 10, 20, 50 and 100 ppm) on 50th day of experimental period.

SGRW의 경우, 대조구의 $18.7 \pm 0.3\%$ 에 비해 10 ppm구는 $21.8 \pm 0.1\%$ 로 매우 높았지만, 20 ppm구는 대조구와 유의한 차를 보이지 않았다. 그러나 50 ppm구 및 100 ppm구는 오히려 대조구에 비해 낮게 나타났다(Fig. 4).

4. 비만도

실험 종료시 비만도는 Fig. 5와 같이 대조구에서 1.87 ± 0.01 로 가장 높은 수치를 보였으며, 10 ppm구(1.82 ± 0.03)를 제외한 모든 T_3 처리구가 대조구에 비해 유의하게 낮게 나타나, T_3 투여량이 많아짐에 따라 비만도가 낮아지는 경향을 파악할 수 있었다($P < 0.01$).

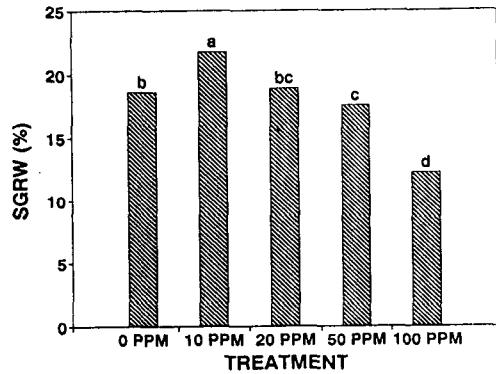


Fig. 4. Specific growth rate calculated for body weight (SGRW) of juvenile black seabream fed various levels of T_3 (0, 10, 20, 50 and 100 ppm) on 50th day of experimental period.

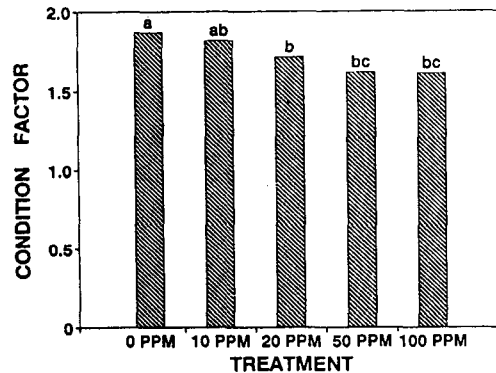


Fig. 5. Condition factor of juvenile black seabream fed diets varying in level of T_3 (0, 10, 20, 50 and 100 ppm) for 50 days.

고 찰

양식어류의 성장향상을 위한 외인성 갑상선호르몬의 작용에 관한 연구는 틸라피아, *Tilapia*

mossambica (Matty and Lone, 1985), 무지개송어, *O. mykiss* (Fagerlund et al., 1984 ; Higgs et al., 1992), 은연어, *O. kisutch* (Higgs et al., 1979 ; Fagerlund et al., 1980), chinook salmon, *O. tshawytscha* (Higgs et al., 1983), 참돔, *C. major* (Woo et al., 1991), 미국산 장어, *A. rostrata* (Degani and Gallagher, 1986) 등을 대상으로 이루어져 왔다. 그러나 Higgs 등은(1982) 몇몇 연구자의 실험 결과에서 외인성 갑상선호르몬의 작용에 대한 결과가 일정한 경향을 보이지 않고 있음을 서술한 바 있다. 이것은 어종, 어체의 영양 상태, 호르몬 처리농도, 투여방법, 온도 및 염분 등에 기인하는 것으로 보고되고 있고(Donaldson et al., 1979 ; Higgs, 1982 ; Matty and Lone, 1985), 또한 개체의 성장 잠재능력에 의해서도 영향을 받는 것으로 보고되고 있다(Degani and Gallagher, 1986).

감성돔 치어를 재료로 실험한 본 연구의 결과에서 갑상선호르몬 T₃은 사료섭식률의 증진 효과를 나타내지 못했다. 오히려 고농도인 100 ppm구는 대조구에 비해 낮게 나타났다. 그러나 다른 연구 결과(Fagerlund et al., 1979 ; Higgs et al., 1992 ; Woo et al., 1991)는 T₃가 어류의 식욕을 촉진시키는 것을 보여주고 있다. 한편 사료효율은 비록 10 ppm구가 다른 실험구에 비해 높게 나타났지만, 큰 차는 없었다. 그러나 갑상선호르몬 처리에 따른 사료효율의 증대는 Higgs et al. (1979 ; 1992), Fagerlund et al. (1980) 및 Hilton et al. (1987)에 의해 이미 보고된 바 있다.

본 연구에서 실험구간의 생존을 차는 실험초기인 실험시작부터 15일 이내에 일어났으며, 전체 실험구의 생존율이 낮은 것은 사육상 문제 및 실험어의 사육 환경적응 약화에 기인한 것으로 판단된다. 그러나 이와 같은 좋지 못한 사육 조건에서도 낮은 성장률을 나타낸 100 ppm구는 대조구에 비해 유의하게 높은 생존율을 보여, 만약 단기간에 고농도로 T₃를 처리할 경우 감성돔 치

어의 환경내성과 활성을 증진시켜 줄 수 있을 것으로 판단된다. 더욱이 Lam (1980)과 Lam and Sharma (1985)는 각각 틸라피아, *Sarotherodon mossambicus*와 잉어, *Cyprinus carpio* 자어에게 L-thyroxine (T₄)를 침지처리하여 생존율을 향상시켰으며, Higgs et al. (1982)는 T₃가 어류의 염분 내성을 비롯한 환경 내성을 향상시켜 주는 것으로 보고한 바 있어, 앞으로 어체의 환경 내성에 미치는 T₃ 효과에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

본 연구는 T₃가 감성돔 치어의 길이 및 무게 성장에 영향을 미치는 것을 보여주고 있다. 특히 10 ppm구는 틸라피아(Matty and Lone, 1985), 무지개송어(Higgs et al., 1992), 은연어(Higgs et al., 1979 ; Fagerlund et al., 1980), chinook salmon (Higgs et al., 1983), 참돔(Woo et al., 1991), 미국산 장어(Degani and Gallagher, 1986) 등의 실험결과와 마찬가지로 대조구에 비해 뛰어난 성장 촉진 효과를 나타내었다. 이것은 T₃가 감성돔의 식욕(Fagerlund et al., 1979), 먹이와 단백질 전환효율(Degani and Gallagher, 1986 ; Higgs et al., 1977), 소화와 흡수 기능(Yamazaki, 1976) 및 골격 성장(Fagerlund et al., 1980 ; Higgs et al., 1982 ; Saunders et al., 1985) 등에 복합적으로 작용하여 나타난 결과라 생각된다. 하지만 고농도(100 ppm)의 T₃ 처리는 오히려 감성돔 치어의 성장을 억제시키는 결과를 만들어 내었다. 이러한 성장 억제 효과는 실험개시후 20일까지, 즉 단기간 동안에는 나타나지 않아, 단순한 농도상의 문제라기 보다는, T₃ 처리기간과의 상호작용에 의한 효과라 사료된다. 그러므로 이후 양식 어종을 대상으로 T₃를 처리할 경우, 성장촉진 효과를 유도할 수 있는 적정 처리농도 및 처리기간이 구명되어야 할 것으로 보인다.

어류에 있어 위와 같은 갑상선호르몬의 성장 촉진은 성장호르몬(GH ; Growth hormon)과의 상호작용에 의해 나타날 수 있는 것으로 보고 있다(Donaldson et al., 1979 ; Eales, 1979 ;

Farbridge and Leatherland, 1988). 갑상선 호르몬은 어류의 갑상선 조직상이 적절한 상태를 유지하고 있을 때, GH와 함께 성장촉진 효과를 나타내며(Donaldson et al., 1979; Eales, 1979; Plisetskaya et al., 1983), 이때 GH는 특성상 가장 중요한 성장인자인 골격성장에 관여한다. 그러나 연골조직 및 골조직 발달에 미치는 갑상선호르몬의 직·간접적인 작용을 배제할 수는 없다(Barker-Cohen, 1961; Barrington and Rawdon, 1967; Fagerlund et al., 1980; Higgs et al., 1979; Higgs et al., 1982; Nacario, 1983; Saunders et al., 1985). 이러한 이유에서 T₃는 어린 고기의 체성장보다 상대적으로 골격성장을 촉진시켜 비만도를 감소시킬 수 있다고 본다. 실제 T₃는 어류의 비만도에 영향을 미치는데(Fagerlund, 1980; Higgs et al., 1976, 1979), 본 연구의 결과에서도 T₃ 투여량이 증가할수록 비만도가 감소되는 경향을 나타내어, T₃가 무게 성장에 비해 길이성장, 특히 골격성장에 보다 많은 영향을 미칠 수 있음을 시사해준다.

이상으로 T₃가 갑성돔 치어의 성장촉진 및 생존율 향상에 다소 효과가 있는 것으로 나타나, 본 종뿐만 아니라 다른 양식 어종을 대상으로 양식 현장 적용시, 성장억제 경향이 없이 어류의 생존율을 높이며, 어류의 최대 성장을 유도할 수 있는 최적의 T₃ 처리 조건과 방법을 찾아야 할 것으로 생각된다.

요 약

갑성돔, *A. schlegeli* 자치어의 성장 및 생존에 미치는 3,5,3'-triiodo-L-thyronine (T₃) 경구투여 효과를 파악하기 위해 T₃를 0, 10, 20, 50 및 100 ppm으로 사료에 섞어 경구 투여하였다.

T₃ 경구투여에 따른 사료섭식률은 10 ppm구와 20 ppm구에서 대조구와 큰 차이가 없었지만, T₃ 투여량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 사료효율의 경우 10 ppm구가 다른 실험구들에 비해 높았으나, 큰 차는 없었다.

생존율의 경우 100 ppm구가 대조구에 비해 높게 나타났으나, 그 외 처리구는 대조구와 차이를 보이지 않았다. 전장과 체중의 성장은 10 ppm구가 다른 실험구보다도 높았고, 20 ppm구는 대조구와 거의 같은 수준에 있었으나, 50 ppm과 100 ppm구는 오히려 대조구보다도 느린 성장 경향을 나타내었다. 비만도는 대조구에서 가장 높은 수치를 보였으며, 10 ppm구를 비롯한 모든 T₃ 처리구가 대조구에 비해 유의하게 낮게 나타나, T₃ 투여량이 많아짐에 따라 비만도가 낮아지는 경향을 나타내었다.

참 고 문 헌

- Barker-Cohen, K. F., 1961. The role of the thyroid in the development of platyfish. *Zoologica* (NY), 46 : 181-222.
- Barrington, E. J. W. and B. B. Rawdon, 1967. Influence of thyroxine upon the uptake of ³⁵S-labelled sulphate into the branchial arch skeleton of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 9 : 116-128.
- 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.
- Donaldson, E. M., U. H. M. Fagerlund, D. A. Higgs and J. R. McBride, 1979. Hormonal enhancement of growth in fish. In *Fish physiology* (Hoar, W. S., Randall, D. J. and Brett, J. R., eds), Vol. 8, pp. 455-497. Academic Press.
- Eales, J. G., 1979. Thyroid function in cyclostomes and fishes. In *Hormone and Evolution* (Barrington, E. J. W., ed.), Vol. 1, pp. 341-346. New York : Academic Press.
- Fagerlund, U. H. M., D. A. Higgs and J. R. McBride, 1979. Influence of feeding a diet containing 17 α -methyltestosterone at two ration levels on growth, appetite and food conversion efficiency of underyearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). In *Fish*

- Nutrition and Fishfeed Technology (Halver J.E. and Tiews, K., eds), Vol. 1. pp. 221–230. Berlin : Heenemann Verlagsgesellschaft.
- 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., E. M. Donaldson, H. M. Dye and J. R. McBride, 1976. Influence of bovine growth hormone and L-thyroxine on growth, muscle composition and histological structure of gonads, thyroid, pancreas and pituitary of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 33 : 1585–1603.
- 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. R. McBride, H. M. Dye and E. M. Donaldson, 1977. Influence of combinations of bovine growth hormone, 17 α -methyltestosterone and L-thyroxine on growth of yearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Can. J. Zool., 55 : 1048–1056.
- 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. 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, 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. Plisetkaya 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.
- 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.
- MacBride, J. R., D. A. Higgs, U. H. M. Fagerlund and J.T. Buckley, 1982. Thyroid and steroid hormones : Potential for control of growth and smoltification of salmonids. Aquaculture, 28 : 201–209.
- Matty, A. J. and K. P. Lone, 1985. The hormonal control of metabolism and feeding. In Fish Energetics (Tytler, P. and Calow, P. eds). pp. 185–209. London : Croom Helm.
- 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.
- Piggins, D. J., 1962. Thyroid feeding of salmon parr. Nature, 195 : 1017–1018.
- Plisetkaya, 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.
- Richardson, N. L., D. A. Higgs, R. M. Beames and J. R. McBride, 1985. Influence of dietary calcium, phosphorus, zinc and sodium phytate on cataract incidence, growth and histopathology in juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *J. Nutr.*, 115 : 553-567.
- 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.
- 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 and Schlegel). *J. Fish Biol.*, 39 : 495-468.
- Yamazaki, F., 1976. Application of hormones in fish culture. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 33 : 948-958.
- Zar, J. H., 1984. *Biostatistical analysis*. 2nd Prentice-Hall. 718 p.