

석사학위논문

Insulin-like Growth Factor-I과
Growth Hormone을 처리한 넙치,
*Paralichthys olivaceus*의 성장효과



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

112-107

제주대학교 대학원
수산생물학과

변 수 철

2000년 12월

Insulin-like Growth Factor-I 과 Growth Hormone을 처리한 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 성장효과

지도교수 노 섬

변 수 철

이 논문을 이학 석사학위 논문으로 제출함



JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2000년 12월

변수철의 이학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 이 영 동



위 원 이 재 희



위 원 노 섬



제주대학교 대학원

2000년 12월

Effect of Insulin-like Growth Factor-I and
Growth Hormone on Growth of Olive
Flounder, *Paralichthys olivaceus*



Soo-Cheol Byun

(Supervised by professor Sum Rho)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MARINE BIOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2000. 12.

목 차

Abstract

I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
1. 실험어 및 사육환경	3
2. IGF- I 과 GH 첨가사료 및 성장	4
1) 첨가사료 제조	4
2) 성장조사	6
III. 결 과	10
1. 사육환경	10
2. 성장	10
1) IGF-1과 GH 첨가사료의 1차 공급	10
2) IGF-1과 GH 첨가사료의 2차 공급	14
3. 일간섭식률	19
4. 일간성장률	19
5. 사료계수	19
6. 비만도	21
7. 생존율	23

IV. 고 찰	24
V. 요 약	27
VI. 참고문헌	29
감사의 글	34



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Abstract

Insulin-like growth factor- I (IGF- I) and growth hormone (GH) produced from bacterial clones containing recombinant human IGF- I and GH genes were used to investigate their growth effect on marine fish olive flounder, *Paralichthys olivaceus*.

To know the optimal concentration of IGF- I and GH for oral administration on growth effect, we provided the IGF- I and GH to olive flounder in two trials divided by levels of growth. First trial was weekly carried out for 4 weeks with fish, 7.3 ± 0.4 cm total length and 3.8 ± 0.6 g body weight. Second trial was weekly carried out for 4 weeks with 10.2 ± 1.0 cm total length, 13.2 ± 3.7 g body weight fish after 9 weeks from the beginning of experiment. The experiment was repeatedly conducted two times with four different groups (A: control, B: IGF- I 30 mg/kg body weight, C: IGF- I 30 mg/kg body weight+GH 0.5 IU, D: IGF- I 30 mg/kg body weight+GH 1.0 IU). During the administration period of IGF- I and GH, we evaluated the total length and body weight, and the growth effects from December 27, 1999 to June 13, 2000.

After administration of IGF- I and GH in the first trial, significant differences in the total length and body weight between treatment groups(B, D) and control group(A) were recorded($P < 0.05$). The result of their administration in the second trial was similar with the first trial. And significant differences in growth effect on the total length between control group and treatment groups were recorded($P < 0.05$), especially treatment group D showed the best growth effect among the three treatment groups.

The daily growth rates were A: 2.083%, B: 2.204%, C: 2.169%, D: 2.354% from first administration with the total length 7.3 ± 0.4 cm, body weight 3.8 ± 0.6 g, and were A: 1.343%, B: 1.246%, C: 1.241%, D: 1.384%

after second administration. During experimental period, group D showed the best growth rate being A: 1.673%, B: 1.683%, C: 1.680%, D: 1.757%.

During experimental period, feeding coefficients were A: 0.96%, B: 0.92%, C: 0.77%, D: 0.90% and group C showed the best feeding coefficient.

During experimental period, survival rates were A: 84.8%, B: 77.0%, C: 82.1%, D: 92.3%.

As results of this study, we believed that IGF- I and GH have effect on growth of olive flounder, especially in lower temperature than optimal growth water temperature.

We thought that more experiments with various species of fish have to be carried out for their suitable usage and application.



I. 서 론

어류양식은 인류에게 양질의 고급 단백질 공급원으로서 미래 지향적인 식량산업으로 발전하고 있다. 최근 양식산업에서는 경제적이고 효율적인 생산성 향상을 위하여 건강하고 빠른 성장과 기호성이 높은 육질을 가지는 양식어류의 생산을 유도하는데 노력하고 있다. 이러한 측면에서 어류의 생식력에 소비되는 에너지를 체성장으로 유도하기 위한 3배체어 생산(Park and Kim, 1994; Park et al., 1996; Park et al., 1997), 어류의 성에 따른 성장 차이의 이점을 살린 전 암컷 또는 전 수컷 만들기(Bang et al., 1996; Jeong et al., 1996; Kim et al., 1993), 성장관련 유전인자 이식에 의한 성장 속도가 빠른 물고기 만들기(Nam et al., 1997) 그리고 선발육종 등 다양한 생명공학 기법을 이용하고 있다. 이와 더불어, 성장을 촉진시키는 단백질을 유전자 재조합 기술로 생산하여 양어 사료의 성장 촉진제로서의 연구(Down et al., 1989; Kawauchi et al., 1992; Ishioka et al., 1992) 및 산업화의 응용연구(Rho et al., 1999)도 활발히 이루어지고 있다.

어류의 성장은 다른 척추동물과 마찬가지로 뇌하수체로부터 분비되는 성장호르몬에 의해 조절되는데, 어류의 성장 촉진을 위한 성장호르몬의 이용에 대한 연구는 육상 척추동물인 사람과 소등의 성장호르몬을 이용한 어류의 성장효과(Weatherley and Gill, 1982; Cavari et al., 1993)와 연어, *Oncorhynchus sp.* 참돔, *Pagrus major* 등 어류의 성장호르몬과 뇌하수체 추출물을 이용한 성장효과(Bilton et al., 1982; Ishioka et al., 1992; Kawauchi et al., 1992; Steiny et al., 1984; Wagner et al., 1985; Suzuki et al., 1988)에 관한 연구들을 볼 수 있다.

Insulin-like growth factors (IGFs, IGF-I 과 IGF-II)는 70개의 아미노산으로 이루어진 polypeptide hormone이며 proinsulin과 비슷한 구조를 보이는 주요한 성장인자로(Rinderknecht and Humbel, 1978a, b) polypeptide hormone은 human plasma에 존재한다. 포유류 또는 척추동물에서 IGF-I 은 대부분 간에서 합성하여 순환계로 분비되며, 성장 호르몬 작용의 매개체로서, 세포의 성장

과 분화, 대사 활성을 자극하여 동물의 성장과 발육에 중요한 작용을 한다 (Mermine et al., 1982; Hizuka et al, 1991). 최근들어 동물의 성장에 작용하는 IGF- I 이 어류의 성장에 미치는 영향에 관한 기초연구로서 넙치, *Paralichthys olivaceus*와 조피볼락, *Sebastes schlegeli*를 대상으로 혈액중 IGF- I 의 함유량과 IGF- I binding protein에 관한 연구들이 진행되고 있다 (Nam et al., 1996; Nam et al., 1998). 그러나 어류에 있어서 IGF- I 의 투여에 따른 성장효과에 관한 연구는 매우 미미한 실정이다.

이 연구에서는 생명공학연구소에서 human plasma로부터 유전자 재조합 분리정제 기술로 생산된 인슐린 유사성장인자- I (insulin-like growth factor-I: IGF- I) 및 사람의 뇌하수체로부터 분리하여 얻은 재조합 성장호르몬(growth hormone: GH)을 해산어류 사료에 첨가하여 넙치에 투여하였을 때, IGF- I 과 GH의 농도에 따른 성장효과를 탐색하여 성장촉진인자로서의 기능성을 양식 생물학적으로 조사하였다.



II. 재료 및 방법

1. 실험어 및 사육환경

1) 실험어 및 사육관리

이 연구에 사용된 넙치 종묘는 제주도 남제주군 표선면 세화리에 소재한 유명수산에서 1999년 10월에 부화되어 생산된 치어로서 1999년 12월 15일에 전장 6~8 cm, 체중 3~5 g되는 인공종묘 8,000마리를 활어 운반 차량을 이용하여 제주대학교 해양연구소의 실내 사육동으로 이동 관리하였다. 수송된 치어는 fiber reinforced plastic (FRP) 원형수조(직경 3 m×1 m) 8개에 1,000마리씩 방양하였으며, 어병예방을 위하여 염산옥시테트라사이클린 25 ppm으로 1시간 약욕을 실시하였다.

실험은 순치사육 및 선별을 통하여 비정상 개체를 제거한 후 평균 전장 7.2 ± 0.4 cm, 체중 3.8 ± 0.6 g의 치어를 각 실험구별로 500마리씩 4개의 실험구에 수용하여 2회 반복실험을 하였으며, 1999년 12월 27일부터 2000년 6월 13일까지 24주 동안 실험하였다.

2) 사료공급

실험기간동안 우성사료주식회사의 고압팽창사료(extruded pellet: EP)를 1일 3회(오전 8시, 오후 1시, 6시) 충분히 공급하였으며, 사료의 크기는 실험어가 성장함에 따라 바꾸어 주었다. 사료의 성분은 Table 1과 같다.

3) 사육환경 및 조사

사육수는 자연해수를 이용하였으며, 사육수의 양은 4.95톤, 환수량은 1일 15~18회로 하였다. 충분한 산소 공급을 위해 수조당 에어스톤 4개를 이용하여 포기하였고, 배수는 중앙배수장치를 사용하였다.

실험기간동안 사육수조내의 수질환경은 매일 오전 10시를 기준으로 수온,

염분, pH, 용존산소(dissolved oxygen, DO)를 조사하였다. 수온은 봉상온도계, DO는 DO meter (DO-14P, TOA Electronics Ltd., Japan), pH는 pH meter (HM-12P, TOA Electronics Ltd., Japan), 염분은 고정도염분계(T. S.-digital lab. salino meter model 3-G)를 사용하여 측정하였다.

Table 1. Proximate composition of extruded pellet used in this study

Components	Extruded pellet (%)
Crude protein	53.0
Crude fat	5.0
Crude fiber	4.0
Ash	17.0
Ca	1.0
P	2.7

2. IGF- I 과 GH 첨가사료 및 성장

1) 첨가사료 제조

이 연구에 사용된 성장촉진 물질은 유전자 재조합 분리정제 기술개발로 대량 생산된 Insulin-like Growth Factor- I (IGF- I)과 Growth Hormone (GH)이 주성분인 액상물질을 사용하였다. 그 구성 성분은 Table 2와 같다.

실험사료에 첨가하는 IGF- I 과 GH의 농도에 따른 실험구 설정은 대조구 (A), IGF- I 30 mg/kg body weight 처리구(B), IGF- I 30 mg/kg body weight+GH 0.5 IU 처리구(C) 그리고 IGF- I 30 mg/kg body weight+GH 1.0 IU 처리구(D)로 2회 반복 실험하였다. IGF- I 과 GH의 투여 방법은 각 호르몬을 냉동보관(-70℃) 상태에서 투여 1일전 4℃로 냉장 보관하였다가 사용

Table 2. The formulation of insulin-like growth factor- I and growth hormone used in study

Experimental groups	Ingredient				Total volume (ml)	Feed (g)
	Insulin-like growth factor- I (g)	Growth hormone (IU)	Polyacrylate (g)	D-mannitol (g)		
A	0.00	0.0	0.02	0.16	2.0	8
B	0.03	0.0	0.02	0.16	2.0	8
C	0.03	0.5	0.02	0.16	2.0	8
D	0.03	1.0	0.02	0.16	2.0	8

하였고, 이때 각 수조에서 실험어를 50마리씩 무작위 추출하여 중량을 측정 한 후 전체 어체중량으로 환산하여 extruded pellet에 IGF- I 과 GH를 흡착시킨 후 투여하였다. IGF- I 과 GH의 투여시기는 전체 실험어에 효율적으로 공급 하기 위해서 아침 먹이공급시 일반사료를 공급하기 전에 IGF- I 과 GH를 첨가시킨 사료를 먼저 공급한 후 일반사료를 투여하였다. 1차 투여시기는 전장 7.2 ± 0.4 cm, 체중 3.8 ± 0.6 g의 실험어에 IGF- I 과 GH를 혼합하여 농도별로 12월 28일부터 1월 18일까지 4주 동안 1주 간격으로 4회 공급하였고(Table 3), 2차 투여시기는 전장 10.2 ± 1.0 cm, 체중 13.2 ± 3.7 g일때 2월 22일부터 3월 15일까지 1주 간격으로 하여 4주 동안 4회 공급하였다(Table 4).

2) 성장조사

실험어의 어체측정은 IGF- I 과 GH를 혼합하여 4주간 공급하고 4주 후부터 8주 간격으로 MS-222로 마취시킨 후 실험구 각각 100마리의 전장과 체중을 측정하였다. 전장은 모눈종이를 이용하여 자체 제작한 측정판으로 1 mm 단위까지 계측하였으며, 체중은 전자저울(Satorius BP 8100s)을 이용하여 0.01 g 단위까지 계측하였다.

실험기간동안 각 처리구별 성장도, 일간성장률(daily weight gain rate), 일간섭식률(daily feeding rate), 비만도(condition factor), 사료계수(feed coefficient), 생존율(survival rate) 등을 비교 분석하기 위하여 Ricker (1969) 와 Ishioka 등(1992)의 방법을 인용하였다.

$$\text{daily weight gain rate (\%)} = (\ln W_t - \ln W_o) / T \times 100$$

$$\text{daily feeding rate (\%)} = [F / \{0.5 \times T \times (W_t + W_o)\}] \times 100$$

$$\text{condition factor} = W / L^3 \times 1000$$

$$\text{feed coefficient} = F / (W_t - W_o)$$

W_o : initial weight,

W_t : final weight

L : total length,

F : total feed

W : body weight,

T : rearing period

Table 3. Experiment schedule for the administration and dose of IGF- I and GH in the first trial

Number of administration	First trial		
	Treatment date	Treatment group	Dose (unit : ml)
First	Dec. 28	A1	4.54
		B1	4.68
		C1	4.78
		D1	4.56
		A2	4.40
		B2	4.68
		C2	4.60
		D2	4.54
Second	Jan. 04	A1	4.89
		B1	5.23
		C1	4.21
		D1	5.65
		A2	5.31
		B2	5.50
		C2	5.55
		D2	5.87
Third	Jan. 11	A1	5.62
		B1	5.85
		C1	4.75
		D1	6.41
		A2	6.19
		B2	6.38
		C2	6.66
		D2	7.01
Fourth	Jan. 18	A1	6.76
		B1	6.14
		C1	5.74
		D1	8.06
		A2	7.20
		B2	7.48
		C2	7.30
		D2	8.88

* A1, A2: Control; B1, B2: IGF- I 30 mg/kg body weight; C1, C2: IGF- I 30 mg/kg body weight & GH 0.5 IU; D1, D2: IGF- I 30 mg/kg body weight & GH 1.0 IU.

Table 4. Experiment schedule for the administration and dose of IGF- I and GH in the second trial

Number of administration	Second trial		
	Treatment date	Treatment group	Dose (unit : mL)
First	Feb. 22	A1	9.52
		B1	9.20
		C1	9.60
		D1	13.50
		A2	11.92
		B2	12.10
		C2	12.00
		D2	13.88
Second	Mar. 01	A1	11.40
		B1	9.20
		C1	8.23
		D1	15.22
		A2	13.01
		B2	13.22
		C2	11.52
		D2	15.72
Third	Mar. 08	A1	11.79
		B1	9.02
		C1	8.30
		D1	14.64
		A2	12.46
		B2	12.46
		C2	10.68
		D2	14.65
Fourth	Mar. 15	A1	12.90
		B1	9.94
		C1	8.79
		D1	16.23
		A2	13.76
		B2	13.84
		C2	11.93
		D2	16.47

* A1, A2: Control; B1, B2: IGF- I 30 mg/kg body weight; C1, C2: IGF- I 30 mg/kg body weight & GH 0.5 IU; D1, D2: IGF- I 30 mg/kg body weight & GH 1.0 IU.

실험결과의 모든 자료는 SAS 통계처리 소프트웨어를 이용하여 ANOVA-test를 실시한 후 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 검정하였다



Ⅲ. 결 과

1. 사육환경

실험기간중 수온, 염분, DO, pH의 주간 평균 결과는 Fig. 1, 2와 같다. 수온의 변화는 11.6~16.2℃의 범위였고, 12월부터 5월 중순까지는 평균 14.3℃로 어류의 성장에 있어서 매우 낮은 범위를 보였다. 염분농도는 33.0~34.7‰이었다(Fig. 1). DO의 변화는 7.1~8.8 ml/l 이었고, pH의 변화는 7.6~8.3 범위였다(Fig. 2).

2. 성장



평균 전장 7.3 ± 0.4 cm, 체중 3.8 ± 0.6 g되는 넙치 치어를 대상으로 1999년 12월 27일부터 6월 13일까지 사육하면서 대조구(A) 및 IGF-I 을 30 mg/kg body weight 처리구(B), IGF-I 을 30 mg/kg body weight 와 GH 0.5 IU 처리구(C), IGF-I 를 30 mg/kg body weight와 GH 1.0 IU 처리구(D)의 전장과 체중의 변화는 Fig. 3, 4와 같다.

1) IGF-I 과 GH 첨가사료의 1차 공급

IGF-I 과 GH를 농도별로 12월 28일부터 1월 18일까지 1주 간격으로 4회 공급한 후인 2월 21일에 실험어의 전장은 평균 7.3 ± 0.4 cm에서, 대조구(A) 10.0 ± 1.1 cm, IGF-I 30 mg/kg body weight 농도로 처리한 처리구(B) 10.3 ± 1.0 cm, IGF-I 를 30 mg/kg body weight+GH 0.5 IU 농도로 처리한 처리구(C) 10.1 ± 1.0 cm, IGF-I 를 30 mg/kg body weight+GH 1.0 IU 농도로 처리한 처리구(D)에서 10.5 ± 1.0 cm 로 각각 성장하였으며 대조구와 C 처리구 간

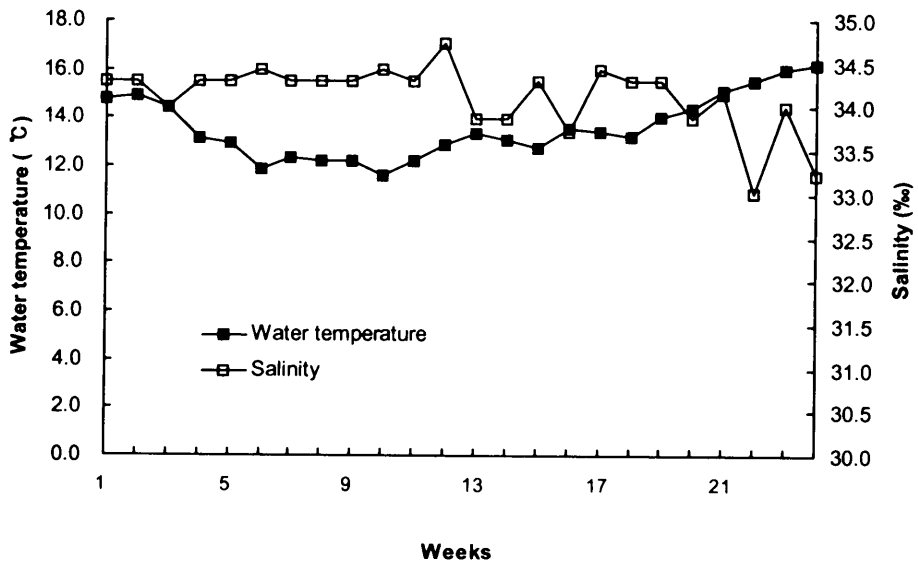


Fig. 1. Water temperature and salinity of rearing water during the experimental period.

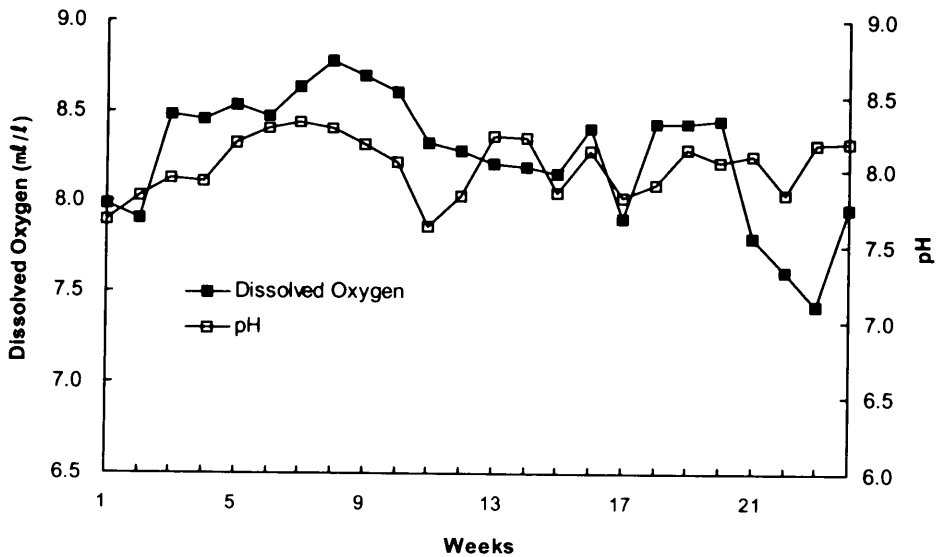


Fig. 2. Dissolved oxygen and pH of rearing water during the experimental period.

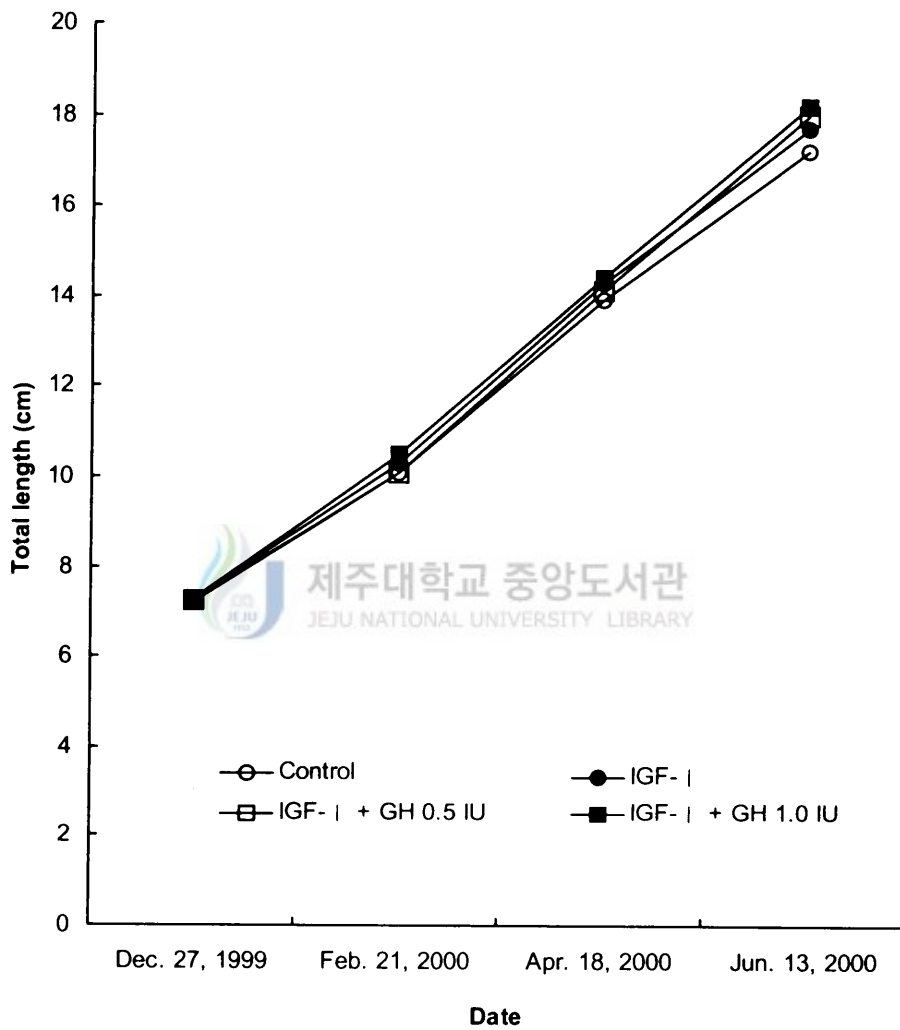


Fig. 3. Effect of IGF- I and GH on the total length of *Paralichthys olivaceus* during the experimental period.

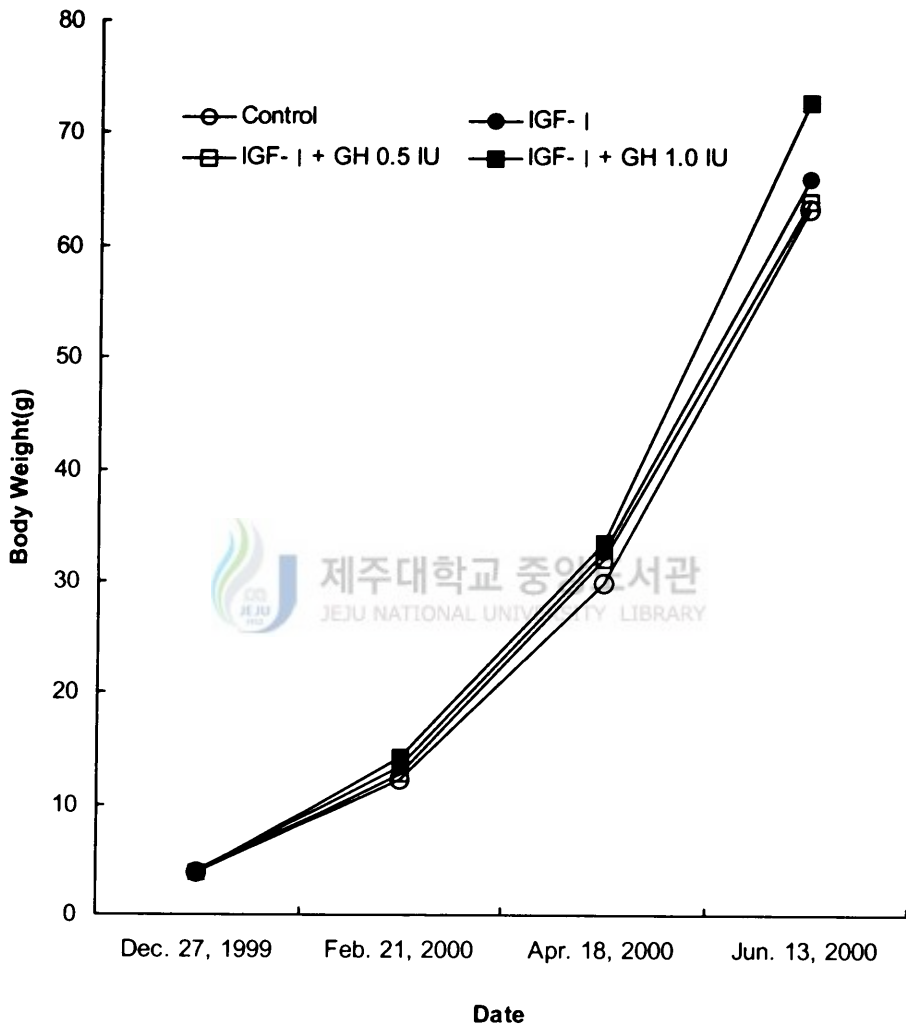


Fig. 3. Effect of IGF-I and GH on the body weight of *Paralichthys olivaceus* during the experimental period.

에 유의한 성장 차이는 없었으나($P>0.05$), 대조구와 B, D 처리구에서 성장의 차이를 보였다($P<0.05$)(Table 5). 실험어의 체중의 성장은 평균 3.8 ± 0.6 g에서 대조구 12.2 ± 3.9 g, B 처리구 13.4 ± 3.5 g, C 처리구 12.8 ± 3.8 g, 그리고 D 처리구에서 14.2 ± 3.5 g으로 대조구와 C 처리구에 있어서 유의한 성장 차이는 없었으나 ($P>0.05$), 대조구와 B, D 처리구간에는 성장 차이를 보였다($P<0.05$)(Table 5).

2) IGF- I 과 GH 첨가사료의 2차 공급

IGF- I 과 GH를 농도별로 2월 22일부터 3월 15일까지 1주 간격으로 하여 4회 공급하여, 4주후인 4월 18일에 실험어의 전장은 대조구 13.9 ± 1.7 cm, B 처리구 14.3 ± 1.4 cm, C 처리구 14.1 ± 1.6 cm 그리고 D 처리구는 14.4 ± 1.4 cm로 각각 성장하였다. 대조구와 C 처리구간의 성장 유의차는 없었으나($P>0.05$), 대조구와 B, D 처리구에서 성장의 차이를 보였다($P<0.05$). 실험어의 체중은 대조구 29.8 ± 11.6 g, B 처리구 32.8 ± 10.3 g, C 처리구 31.9 ± 10.8 g 그리고 D 처리구는 33.5 ± 9.6 g으로 각각 성장하였다. 대조구와 C 처리구간의 성장 유의차는 없었으나($P>0.05$), 대조구와 B, D 처리구에서 성장의 차이를 보여($P<0.05$), 체중의 성장도 전장의 성장과 유사한 경향을 나타냈다(Table 5).

2000년 6월 13일, 실험어의 전장의 성장은 대조구 17.2 ± 1.1 cm, B 처리구 17.7 ± 1.0 cm, C 처리구 17.9 ± 1.1 cm 그리고 D 처리구 18.2 ± 0.7 cm로 각각 성장하여 대조구와 B, C, D 처리구간에 유의한 성장 차이가 있었다($P<0.05$). 또한 B, C, D 처리구간에도 각각 성장 차이가 있었다($P<0.05$)(Table 5). 실험어의 체중의 성장도 대조구 63.2 ± 11.2 g, B 처리구 65.9 ± 11.5 g, C 처리구 63.9 ± 11.6 g, 그리고 D 처리구 72.70 ± 9.5 g으로 각각 성장하여 대조구와 B, D 처리구간에 성장은 유의한 차이가 있었으나($P<0.05$), 대조구와 C 처리구 그리고 B 처리구와 C 처리구간에 성장 차이가 없었다($P>0.05$)(Table 5).

Table 5. Total length, body weight and survival rate of olive flounder treated with IGF- I and GH in four different experimental groups during the feeding period

Feeding period: December 27, 1999 through February 21, 2000

Experiment groups	Initial			Final			Survival rate(%)
	Number of fish	Total length (cm) (Mean ± SD)	Body weight (g) (Mean ± SD)	Number of fish	Total length (cm) (Mean ± SD)	Body weight (g) (Mean ± SD)	
Control	1,000	7.2 ± 0.4 ^a	3.8 ± 0.6 ^a	879	10.0 ± 1.1 ^c	12.2 ± 3.9 ^c	87.9
IGF- I	1,000	7.3 ± 0.4 ^a	3.9 ± 0.6 ^a	792	10.3 ± 1.0 ^b	13.4 ± 3.5 ^b	79.2
IGF- I +GH 0.5 IU	1,000	7.2 ± 0.4 ^a	3.8 ± 0.6 ^a	843	10.1 ± 1.0 ^{bc}	12.8 ± 3.8 ^{bc}	84.3
IGF- I +GH 1.0 IU	1,000	7.3 ± 0.4 ^a	3.8 ± 0.7 ^a	963	10.5 ± 1.0 ^a	14.2 ± 3.5 ^a	96.3

Values in the same column followed by all different letter are significantly different (P<0.05).

* IGF- I : 30 mg/kg body weight.

Table 5. continued

Feeding period: February 22, 2000 through April 18, 2000

Experiment groups	Initial			Final			Survival rate(%)
	Number of fish	Total length (cm) (Mean ± SD)	Body weight (g) (Mean ± SD)	Number of fish	Total length (cm) (Mean ± SD)	Body weight (g) (Mean ± SD)	
Control	879	10.0 ± 1.1 ^c	12.2 ± 3.9 ^c	854	13.9 ± 1.7 ^p	29.8 ± 11.6 ^p	97.2
IGF- I	792	10.3 ± 1.0 ^p	13.4 ± 3.5 ^p	776	14.3 ± 1.4 ^a	32.8 ± 10.3 ^a	98.0
IGF- I + GH 0.5 IU	843	10.1 ± 1.0 ^{bc}	12.8 ± 3.8 ^{bc}	825	14.1 ± 1.6 ^{ab}	31.9 ± 10.8 ^{ab}	97.9
IGF- I + GH 1.0 IU	963	10.5 ± 1.0 ^a	14.2 ± 3.5 ^a	930	14.4 ± 1.4 ^a	33.5 ± 9.6 ^a	96.6

Values in the same column followed by all different letter are significantly different (P<0.05).

* IGF- I : 30 mg/kg body weight.

Table 5. continued

Feeding period: April 19, 2000 through June 13, 2000

Experiment groups	Initial			Final			Survival rate(%)
	Number of fish	Total length (cm) (Mean ± SD)	Body weight (g) (Mean ± SD)	Number of fish	Total length (cm) (Mean ± SD)	Body weight (g) (Mean ± SD)	
Control	854	13.9 ± 1.7 ^o	29.8 ± 11.6 ^o	848	17.2 ± 1.1 ^o	63.2 ± 11.2 ^o	99.3
IGF- I	776	14.3 ± 1.4 ^a	32.8 ± 10.3 ^a	770	17.7 ± 1.0 ^c	65.9 ± 11.5 ^o	99.2
IGF- I + GH 0.5 IU	825	14.1 ± 1.6 ^{ab}	31.9 ± 10.8 ^{ab}	821	17.9 ± 1.1 ^o	63.9 ± 11.6 ^{oc}	99.5
IGF- I + GH 1.0 IU	930	14.4 ± 1.4 ^a	33.5 ± 9.6 ^a	923	18.2 ± 0.7 ^a	72.7 ± 9.5 ^a	99.3

Values in the same column followed by all different letter are significantly different (P < 0.05).

* IGF- I : 30 mg/kg body weight.

Table 5. continued

Feeding period: December 27, 1999 through June 13, 2000

Experiment groups	Initial			Final			Survival rate(%)
	Number of fish	Total length (cm) (Mean ± SD)	Body weight (g) (Mean ± SD)	Number of fish	Total length (cm) (Mean ± SD)	Body weight (g) (Mean ± SD)	
Control	1,000	7.2 ± 0.4 ^a	3.8 ± 0.6 ^a	848	17.2 ± 1.1 ^o	63.2 ± 11.2 ^o	84.8
IGF- I	1,000	7.3 ± 0.4 ^a	3.9 ± 0.6 ^a	770	17.7 ± 1.0 ^c	65.9 ± 11.5 ^o	77.0
IGF- I + GH 0.5 IU	1,000	7.2 ± 0.4 ^a	3.8 ± 0.6 ^a	821	17.9 ± 1.1 ^o	63.9 ± 11.6 ^{oc}	82.1
IGF- I + GH 1.0 IU	1,000	7.3 ± 0.4 ^a	3.8 ± 0.7 ^a	923	18.2 ± 0.7 ^a	72.7 ± 9.5 ^a	92.3

Values in the same column followed by all different letter are significantly different (P<0.05).

* IGF- I : 30 mg/kg body weight.

3. 일간섭식률

일간섭식률은 IGF-I 과 GH를 1차 투여 후 대조구가 1.454%로 B, C 처리구보다 높았으나 D 처리구보다는 낮았으며, 2차 투여후의 결과는 대조구에서 1.374%로 가장 높은 값을 보였다(Table 6). 그리고 실험기간동안의 일간 섭식률은 대조구에서 1.019%로 가장 높은 값을 보였고, B 처리구 0.970%, C 처리구 0.815%, D 처리구 0.963%의 값을 보였다(Table 6).

4. 일간성장률

실험구에서 일간성장률은 평균 전장 7.2 ± 0.4 cm, 체중 3.8 ± 0.6 g일 때 IGF-I 과 GH를 1차 투여부터 2차 투여전까지 A: 2.083%, B: 2.204%, C: 2.169%, D: 2.354%이었으며, 대조구와 모든 처리구간에 유사한 경향을 보였지만 대조구의 일간성장률은 2.083%로 처리구에 비해 다소 낮았다. 평균 전장 10.2 ± 1.0 cm, 체중 13.2 ± 3.7 g에서 2차 투여한 후 4주 동안의 일간성장률은 A: 1.595%, B: 1.599%, C: 1.631%, D: 1.533%이었다. 일간성장률은 IGF-I 과 GH의 2차 투여후 부터 실험 종료시의 결과에서도 1차 투여후의 결과와 유사한 경향을 보였다. 실험기간동안의 일간성장률은 A: 1.673%, B: 1.683%, C: 1.680%, D: 1.757%로 D 처리구에서 1.757%로 대조구와 B, C 처리구보다 높았다(Table 6).

5. 사료계수

IGF-I 과 GH를 1차 투여후의 사료계수는 0.72~0.85로 처리구와 대조구가

Table 6. Feed coefficient, daily feeding rate, daily growth rate during the administration of IGF- I and GH in different treatment groups

Feeding period: December 27, 1999 through February 21, 2000

Experimental groups	Feed coefficient	Daily growth rate (%)	Daily feeding rate (%)
Control	0.85	2.083	1.454
IGF- I	0.78	2.204	1.401
IGF- I +GH 0.5 IU	0.72	2.169	1.262
IGF- I +GH 1.0 IU	0.82	2.354	1.498

Feeding period: February 22, 2000 through April 18, 2000

Experimental groups	Feed coefficient	Daily growth rate (%)	Daily feeding rate (%)
Control	0.93	1.595	1.374
IGF- I	0.82	1.599	1.211
IGF- I +GH 0.5 IU	0.69	1.631	1.042
IGF- I +GH 1.0 IU	0.88	1.533	1.257

Feeding period: April 19, 2000 through June 13, 2000

Experimental groups	Feed coefficient	Daily growth rate (%)	Daily feeding rate (%)
Control	1.01	1.343	1.291
IGF- I	1.01	1.246	1.209
IGF- I +GH 0.5 IU	0.83	1.241	0.992
IGF- I +GH 1.0 IU	0.92	1.384	1.212

Table 6. continued

(Feeding period: December 27, 1999 through June 13, 2000)

Experimental groups	Feed coefficient	Daily growth rate (%)	Daily feeding rate (%)
Control	0.96	1.673	1.019
IGF- I	0.92	1.683	0.970
IGF- I +GH 0.5 IU	0.77	1.680	0.815
IGF- I +GH 1.0 IU	0.90	1.757	0.963

근소한 차이를 보였으며, 대체로 IGF- I 과 GH를 투여한 처리구에서 사료계수가 낮았다. 사료계수는 처리구에 있어서 IGF- I 과 GH 0.5 IU를 투여한 C 처리구에서 다소 낮았다(Table 6).

IGF- I 과 GH를 2차 투여한 후 사료계수는 0.69~0.93로 대조구에 비해 처리구가 낮은 값을 보였고, C 처리구에서 가장 낮은 값을 보였다. 그리고 실험기간동안의 사료계수는 0.77~0.96로 1차 투여 후보다 다소 낮았고, C 처리구에서 2차 투여후의 결과와 유사한 경향을 보이며 0.77로 가장 낮았으며, IGF- I 과 GH를 투여한 실험구에서 대조구보다 낮았다(Table 6).

6. 비만도

실험기간동안의 비만도의 변화는 실험개시시 대조구 1.022 ± 0.113 , B 처리구 1.004 ± 0.117 , C 처리구 1.000 ± 0.105 , D 처리구 0.985 ± 0.110 에서 실험종료시 대조구 1.237 ± 0.102 , B 처리구 1.183 ± 0.096 , C 처리구 1.098 ± 0.085 , D 처리구 1.196 ± 0.077 이었다. IGF- I 과 GH를 투여한 B, D 처리구간에 비만도는 유의차가 없었으나($P > 0.05$), 대조구에 비해서는 처리구의 비만도가 낮았다($P < 0.05$)(Table 7).

Table 7. Condition factor during the first trial of IGF- I and GH administration different treatment groups

Experimental groups	Dec. 27, 1999 (Mean ± SD)	Feb. 21, 2000 (Mean ± SD)	Apr. 18, 2000 (Mean ± SD)	Jun. 13, 2000 (Mean ± SD)
Control	1.022 ± 0.113 ^a	1.175 ± 0.189 ^a	1.070 ± 0.142 ^a	1.237 ± 0.102 ^a
IGF- I	1.004 ± 0.117 ^{ab}	1.210 ± 0.133 ^a	1.089 ± 0.119 ^{ab}	1.183 ± 0.096 ^b
IGF- I + GH 0.5 IU	1.000 ± 0.105 ^{ab}	1.203 ± 0.194 ^a	1.092 ± 0.123 ^{ab}	1.098 ± 0.085 ^c
IGF- I + GH 1.0 IU	0.985 ± 0.110 ^b	1.204 ± 0.118 ^a	1.105 ± 0.111 ^a	1.196 ± 0.077 ^b

Values in the same column followed by all different letter are significantly different (P<0.05).

* IGF- I : 30 mg/kg body weight.

6. 생존율

IGF-I 과 GH를 1차 투여한 후 2차 투여전까지의 각 실험구간의 생존율은 A: 87.9%, B: 79.2%, C: 84.3%, D : 96.3%로 D 처리구에서 가장 높고 B 처리구가 가장 낮았다. 그러나 IGF-I과 GH를 2차 투여한 후부터 실험 종료시까지의 대조구와 각 처리구의 생존율은 96.6%이상의 높은 생존율을 보였다(Table 5).

IV. 고 찰

변온동물인 어류의 성장은 서식처의 서식환경에 따라 종 특이적인 특징을 가진다. 해산 양식어류의 성장에 미치는 주요 외부 환경요인은 사육수온, 염분, 용존산소, 수소이온농도 등의 수질 조건과 사육수조내의 사육밀도, 환수량 그리고 사육수조의 크기 등을 들 수 있고, 내부 요인으로는 종 특이적 성장인자의 특성에 있다고 볼 수 있다. 이러한 어류의 성장 요인에 성장을 향상시키기 위한 연구로는 사료의 조성 성분을 어류의 섭식 생태와 소화 생리에 맞게 개발하여 넙치(Cowey et al., 1971; Gatesoupe et al., 1977), 조피볼락, *Sebastes schlegeli* (Lee et al., 1993; Lee and Lee, 1994), 참돔(Yone et al., 1974; Yone, 1976)의 성장을 향상시키는 연구, 어류의 번식을 위하여 생식활동에 많은 에너지를 사용하는 것을 체성장 에너지로 전환시켜 성장 효과를 높이기 위해 3배체 불임을 만드는 기술에 관한 연구(Ihssen et al., 1990; Kim et al., 1994; Park and Kim, 1994; Park et al., 1996; Park et al., 1997) 그리고 성장인자를 유전자 재조합 기술로 생산하고 사료에 첨가하여 성장을 촉진시키는 생명공학 기법에 관한 연구(Down et al., 1988; Kawauchi et al., 1992; Ishioka et al., 1992)들이 진행되고 있다.

해산 양식어종으로 널리 사육되는 조피볼락, 넙치, 자주복, *Takifugu rubripes*의 경우도 사육수온이 성장에 깊은 관련성을 가진다고 보고하고 있다 (Myeong et al., 1997; 安永 1975). 이 연구에서 IGF- I 과 GH를 1차 투여한 실험기간의 전장과 체중의 성장에 있어서는 대조구에 비해 IGF- I 30 mg/kg body weight 농도로 투여한 B 처리구와 IGF- I 30 mg/kg body weight+GH 1.0 IU를 투여한 D 처리구에서 양호한 성장을 보였다. 이러한 성장 경향은 IGF- I 과 GH를 2차 투여한 후 실험기간의 전장과 체중의 성장에 있어서도 비슷하였다. 이 실험을 통해서 보면 IGF- I 30 mg/kg body weight+GH 1.0 IU를 투여한 D 처리구에서 성장효과가 가장 높게 나타났다. 그러나 넙치의 성장에 있어서 일반적인 성장 경향보다 낮은 것은 실험기간중 주별 평균 사육수온이 11.6~16.2℃이었으며, 1999년 12월부터 2000년 5월 중순까지의 사육

수온이 14.3°C 이하로 낮은 사육수온의 영향에 기인한 것으로 보여진다.

이 연구에서는 B, D 처리구에서 대조구보다 전장이 각각 2.91%, 5.81% 그리고 체중은 각각 4.27%, 5.03%의 높은 성장을 보였으며, 이 결과는 recombinant bovine somatotropin (rBST) 투여에 따른 성장효과와 유사한 경향을 보여주고 있다(Rho et al., 1999). 그리고 대조구와 C 처리구를 비교해보면 전장의 성장은 C 처리구에서 유의한 성장을 하였으나, 체중의 성장에 있어서는 유의한 차이가 없었다. 실험기간동안의 전장의 측정 결과에서 보면 넙치 크기의 성장을 촉진시킬 수 있는 효과는 IGF-I과 GH 처리구에서 나타나고 있으나, 전장과 체중의 성장에 있어서는 IGF- I 30 mg/kg body weight에 GH 1.0 IU를 첨가하여 공급하는 것이 넙치의 성장 촉진제로서 양호할 것으로 생각된다.

이 연구에서 사용된 IGF- I 의 농도 30 mg/kg body weight는 1999년 4월 6일부터 1999년 7월 27일까지 16주 동안 넙치 치어의 평균 체중 2.5 ± 0.4 g에서 110.2 ± 13.4 g까지의 2회 반복 실험결과에서 유의성을 보인 IGF- I 의 농도를 선택하였다. IGF- I 의 투여시기 및 제조방법은 같은 방법으로 처리하였으며, 실험구의 설정은 대조구와 3개의 처리구 (IGF-1 10, 20, 30 mg/kg body weight)로 하였다. 실험의 결과는 IGF- I 30 mg/kg body weight 처리구가 다른 실험구보다 일간성장률, 사료계수, 체중의 성장 결과에서 우수하였다(Rho et al., unpublished data).

실험어 평균 전장 7.2 ± 0.4 cm, 체중 3.8 ± 0.6 g에서 IGF- I 과 GH를 1차 투여한 후 2차 투여하기 전까지 체중에 대한 일간성장률은 대조구 2.083%, B 처리구 2.204%, C 처리구 2.169% 그리고 D 처리구 2.354%로 대조구에 비해 IGF- I 과 GH 처리구에서 높았다. 또한 평균 전장 10.2 ± 1.0 cm, 체중 13.2 ± 3.7 g에서 IGF- I 과 GH를 2차 투여하여 4주 동안의 일간성장률은 대조구 1.595%, B 처리구 1.599%, C 처리구 1.631% 그리고 D 처리구 1.533%로 1차 투여후의 결과에 비해 D 처리구에서 낮은 경향을 보였으나, 실험 개시부터 종료시까지 전체 실험기간의 일간성장률은 D 처리구에서 1.757%로 B, C 처리구와 대조구에 비해서 높게 나타났다.

IGF- I 과 GH를 1, 2차 투여한 후 사육기간동안 사료계수는 대조구에 비해

서 IGF- I 과 GH를 투여한 처리구에서 낮은 값을 나타내 양호한 사료효율을 보여주는 것으로 생각된다. 이 결과는 성장촉진에 관여하는 rBST를 20 mg/kg body weight 농도로 사료에 첨가하여 넙치에 공급하였을 때 처리구가 대조구보다 7.86~10.07%의 성장 효과를 보였고(Rho et al., 1999), 사람, 소, 돼지, 닭의 성장호르몬을 gilthead seabream, *Sparus aurata*에 주사하였을 때 사람이나 소의 성장호르몬을 주사한 처리구에서 대조구보다 15% 성장을 보인 것과 유사하였으며(Cavari et al., 1993), 또한 어류의 성장호르몬이나 뇌하수체 추출물을 어류에 공급한 연구에서 정제된 참돔의 호르몬을 참돔의 치어에 주입하였을 때 체장과 체중의 증가와 함께 사료전환효율이 좋아지는 경향을 보고 한 연구(Ishioka et al., 1992)와도 유사한 경향을 보였다.

실험기간동안 생존율은 IGF- I 과 GH 1차 투여 후 대조구 87.9%, B 처리구 79.2%, C 처리구 84.3% 그리고 D 처리구 96.3%였다. D 처리구를 제외한 사육 실험구에서 생존율이 87.9%이하를 나타내고 있는 것은 실험초기인 치어기에 어병발생으로 인하여 폐사량이 증가하였으며, 또한 어체 측정에 따른 스트레스 등에 기인한 것으로 보여진다. 그러나 IGF- I 과 GH를 2차 투여한 후 실험 종료시까지 대조구와 모든 처리구에서 생존율은 96.6% 이상으로 높았다.

이러한 결과들로 미루어 볼 때 단백질 호르몬인 IGF-I과 GH 모두 해산어류인 넙치에 있어서 효과가 인정되었고, 넙치의 적정 성장 수온보다 낮은 수온에서도 효과가 나타났다. 따라서 저수온 기간이 길게 지속되는 곳의 양식산업에 성장호르몬을 적용한다면 보다 빠른 성장을 유도할 수 있어 경제성이 기대되나 적정 수온과 저수온 사육시의 IGF-I과 GH가 성장에 미치는 효과에 대해서는 세심한 연구조사가 필요하다고 생각되며, 산업적으로 이용하기에는 유전자 재조합 기술의 확립에 의한 성장호르몬의 대량생산과 단가의 절충이 이루어져야 할 것이다. 또한, 향후 성장호르몬의 안정적 사용과 적용에 있어서는 보다 많은 어종에 대한 다각적인 연구가 심도있게 이루어져야 할 것으로 생각된다.

V. 요약

인체의 plasma에서 유전자 재조합 분리정제 기술로 생산된 인슐린 유사성장인자-I (Insulin-like Growth Factor-I; IGF-I)과 성장호르몬(Growth Hormone; GH)이 해산어류인 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 성장에 미치는 효과를 조사하였다.

넙치의 성장에 있어서 IGF-I과 GH의 적정 투여농도를 알기 위해서 성장 단계별로 2회에 나누어 투여하였다. 1차 투여는 평균 전장 7.3 ± 0.4 cm, 체중 3.8 ± 0.6 g에서 4주간 주1회씩 투여하였으며, 2차 투여는 평균 전장 10.2 ± 1.0 cm, 체중 13.2 ± 3.7 g에서 4주간 주1회씩 투여하였다. 실험구는 대조구, IGF-I 30 mg/kg body weight 처리구(B), IGF-I 30 mg/kg body weight+GH 0.5 IU 처리구(C), 그리고 IGF-I 30 mg/kg body weight+GH 1.0 IU 처리구(D)로 2회 반복 실험하였다. 실험기간동안 IGF-I과 GH의 투여시기에 맞추어 8주마다 전장과 체중을 측정하였으며, 1999년 12월 27일부터 2000년 6월 13일까지 24주 동안의 성장 효과를 조사하였다.

1. 대조구와 처리구간의 성장차이는 IGF-I 과 GH를 1차 투여하여 4주 후에 대조구와 B, D 처리구에서 전장과 체중 모두 유의차를 보이기 시작하였다 ($P < 0.05$)(Table 5). IGF-I 과 GH를 2차 투여하여 4주 후의 측정결과도 1차 투여후의 결과와 유사하였다.
2. 넙치의 성장에 있어서 크기에 따른 성장효과는 실험종료시 전장측정 결과에서 대조구와 처리구간에 유의차가 있었으며($P < 0.05$), D 처리구에서 다른 실험구보다 성장효과가 좋았다. D 처리구의 성장은 실험기간동안 대조구와 유의한 차이가 있었고($P < 0.05$), 사육결과도 다른 처리구보다 우수하였다.

3. 일간성장률은 평균 전장 7.2 ± 0.4 cm, 체중 3.8 ± 0.6 g일 때 IGF-I 과 GH를 1차 투여부터 2차 투여전까지 A: 2.083%, B: 2.204%, C: 2.169%, D: 2.354%이었으며, 평균 전장 10.2 ± 1.0 cm, 체중 13.2 ± 3.7 g에서 2차 투여하여 4주 동안의 일간성장률은 A: 1.595%, B: 1.599%, C: 1.631%, D: 1.533%이었다. 실험기간동안의 일간성장률은 A: 1.673%, B: 1.683%, C: 1.680%, D: 1.757%로 D처리구에서 가장 높았다.
4. 사료계수는 실험기간동안 A: 0.96, B: 0.92, C: 0.77, D: 0.90로 사료효율은 C 처리구가 가장 우수했다.
5. 실험기간동안의 생존율은 A: 84.8%, B: 77.0%, C: 82.1%, D: 92.3%였다. IGF-I 과 GH를 1차 투여부터 2차 투여 전까지의 생존율은 치어기에 각각 A: 87.9%, B: 79.2%, C: 84.3%, D: 96.3%로 2차 투여후보다 낮았으나, 2차 투여부터는 96.6% 이상 이었다.

VI. 참고문헌

- Bang, I. C., K. K. Kim and Y. Kim. 1996. Sex reversal of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) by immersion in a solution of steroid hormones. J. Aquaculture, 9(3). 279-285. (in Korean)
- Bilton, H. T., D. F. Alderdice and J. T. Schnute. 1982. Influence of time and size at release of juvenile coho salmon on returns at maturity. Can. J. Fish Aquat. Sci., 39 : 426-447.
- Cavari, B., B. Funkenstein, T. T. Chen, L. I. Gonzalez-Villasenor and M. Schartl. 1993. Effect of growth hormone on the growth rate of the gilthead seabream (*Sparus aurata*), and use of different constructs for the production of transgenic fish. Aquaculture, 111 : 189-197.
- Cowey, C. B., J. A. Pope, J. W. Adron and A. Blair. 1971. Studies on the nutrition of marine plaice *Pleuronectes platessa* on diets containing proteins derived from plants other sources. Int. Jour. Life Oceans. Codastal Waters, 10 : 145-153.
- Down, N. E., E. M. Donaldson, H. M. Dye, K. Langley and L. M. Souza. 1988. Recombinant bovine somatotropin more than doubles the growth rate of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). acclimated to seawater and ambient winter conditions. Aquaculture, 68 : 141-155.
- Gatesoupe, F. J., C. Leger, R. Metailler and P. Luquet. 1977. Alimenatation lipidique du turbot(*Scophthalmus maximus* L.). 1. Influence de la longueur de chaine des acides gras de la serie ω 3. Annu. Hydrobiol., 8 : 89-97.
- Hizuka, N., K. Takano, K. Asakawa, I. Fukuda, I. Sukegawa, K. Shizume and D. Hiroshi. 1991. Single administration of insulin-like growth

- factor- I (IGF- I) in normal men. Advances in experimental medicine and biology. 289. Molecular biology and physiology of insulin and insulin-like growth factors. Edited by M. K. Raizada and D. LeRoith, Plenum Press, New York, p. 105-112.
- Ihssen, P. E., L. R. Mckay, I. McMillan and P. B. Phillips. 1990. Ploidy manipulation and gynogenesis in fishes: cytogenetics and fisheries applications. Trans. Am. Fish. Soc., 119 : 698-717.
- Ishioka, H., R. Kosugi, K. Ouchi, A. Hara, T. Nagamatsu, S. Mihara and H. Ogai. 1992. Effects of recombination red sea bream growth hormone on growth of young red sea bream. Nippon Suisan Gakkaishi, 58(12) : 2335-2340.
- Jeong, C. H., Y. B. Moon, I. S. Park and D. S. Kim. 1996. F2 production of gynogenetic diploid in olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquaculture, 9(3). 287-291. (in Korean)
- Kawauchi, H., S. Moriyama and T. Hirano. 1992. Oral administration of recombinant salmon growth hormone to rainbow trout. Oceanis, 18 : 109-120.
- Kim, D. S., J. H. Kim, J. Y. Jo, Y. B. Moon and K. C. Cho. 1993. Induction of gynogenetic diploid in *Paralichthys olivaceus*. J. Genet., 15 : 179-186. (in Korean)
- Kim, D. S., C. H. Jeong, Y. D. Lee and S. Rho. 1994. Triploid induction olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquaculture, 7(1). 55-61. (in Korean)
- Lee, S. M., J. Y. Lee, Y. J. Kang and S. B. Hur. 1993. Effect of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth and biochemical changes in the korea rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Aquaculture, 6(2). 107-123. (in Korean)

- Lee, S. M and J. Y. Lee. 1994. Effect of dietary α -cellulose levels on the growth, feed efficiency and body composition in korea rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Aquaculture, 7(2). 97-107. (in Korean)
- Mermine, T. J., J. Zapf. and E. R. Froesch. 1982. Insulin-like growth factors in pygmies and subjects with pygmy tract: Characterization of the metabolic actions of IGF- I and IGF- II in man. J. Clin. Endocrinol. and Metab., 55 : 1081-1087.
- Myeong J. I., S. Y. Pack and Y. J. Chang. 1997. Effects of water temperature and feeding rate on growth and feed efficiency of korea rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Aquaculture, 10(3). 311-320. (in Korean)
- Nam Y. K., C. G. Kim and D. S. Kim. 1997. Production of homozygous transgenic mud loach (*Misgurnus mizolepis*). II. pFV4CAT transfer by microinjection. J. Aquaculture, 10(1). 33-37. (in Korean)
- Nam T. J., K. Y. Park, Y. D. Lee and Y. U. Kim. 1996. Serum levels of insulin-like growth factor-1 in flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Korean Fish. Soc., 29(2). 150-156.
- Nam T. J., S. M. Lee and J. H. Pyeun. 1998. Effects of insulin-like growth factor- I (IGF- I) on body weight and the cocentration of serum IGF binding proteins in korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). J. Korean Fish. Soc., 31(5). 774-778.
- Park, I. S. and H. B. Kim. 1994. Induction of triploid cherry salmon, *Oncorhynchus masou*. J. Aquaculture, 7(4). 207-223. (in Korean)
- Park, I. S., P. K. Kim., J. M. Kim, G. C. Choi and D. S. Kim. 1996. Production of hybrid and allotriploid between rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and coho salmon (*O. kisutch*). J. Aquaculture, 9(2). 133-140. (in Korean)

- Park, I. S., C. H. Kim., G. C. Choi and D. S. Kim. 1997. Production of hybrid and allotriploid between rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* and cherry salmon, *O. masou*. J. Aquaculture, 10(1). 39-47. (in Korean)
- Rho, S., P. Y. Kim, Y. D. Lee, K. S. Choi and C. B. Song. 1999. Effect of recombinant bovine somatotropin on growth of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquaculture, 12(2). 115-122. (in Korean)
- Ricker, W. E. 1979. Growth rates and models. Fish physiology, Academic Press, New York, Volume VIII : 677~743
- Rinderknecht, R. and R. E. Humbel. 1978a. The amino acid sequence of human insulin-like growth factor I and its structural homology to proinsulin. J. Biol. Chem., 253 : 2769-2776.
- Rinderknecht, R. and R. E. Humbel. 1978b. Primary structure of human insulin growth factor II. FEBS Letter, 89 : 283-286.
- Steiny, S., D. King and R. Nishioka. 1984. Partial primary structure of coho salmon growth hormone(sGH). Abstracts 7th international Congress of Endocrinology, July 1-7, Quebec City, Canada. Excerpta Medica. International Congress Series, 652 : 1261.
- Suzuki, Y., M. Kobayashi and K. Aida. 1988a. Transport of physiologically active salmon gonadotropin into the circulation in goldfish, following oral administration of salmon pituitary extract. J. Comp. Pysiol., 157B : 753-758.
- Wagner, G. F., R. C. Fager and J. C. Brown. 1985. Further characterization of growth hormone from the chum salmon (*Oncorhynchus keta*). Gen. Com. Endocrinol., 60 : 27-34.
- Weatherley, A. H. and H. S. Gill. 1982. Influence of bovine growth hormone on the growth dynamics of mosaic muscle in relation to

- somatic growth in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish Biol., 20 : 165-172
- Yone, Y. 1976. Nutritional studies of red seabream. Edited by K. S. Price, W. N. Shaw and K.S. Danberg, Proc. 1st. Int. Cof. Aquaculture, Lewes, Delaware, p. 39-64.
- Yone, Y., Sakamoto and M. Furuichi. 1974. Studies on nutrition of red seabream-IX. The basal diet for nutrition studies. Report of Fishery Research Laboratory, Kyushu Uni., 2 : 13-24.
- 安永義暘, 1975. 海産魚類の卵稚仔魚の環境, 主に水溫. 鹽分. 容存酸素. 水素イオン濃度について. 東海區水研報., 81 : 171~183.



감사의 글

이 연구를 수행하고 논문이 완성되기까지 부족함이 많았던 저를 늘 곁에서 변함없는 배려와 지도 편달로 이끌어 주신 지도교수 노섬 교수님께 진심으로 감사드리오며, 연구와 학사일정으로 바쁘신 중에서도 세심한 부분까지 하나하나 관심과 조언을 주신 이영돈 교수님, 이제희 교수님께 깊이 감사드립니다. 또한, 늘 각별한 격려와 관심으로 배움의 길을 열어주신 이정재 교수님, 정상철 교수님, 이기완 교수님, 송춘복 교수님, 최광식 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

학문의 길을 걸을 수 있도록 많은 배려와 도움을 주신 제주대학교 해양연구소의 안장영 소장님과 강창남 교수님 그리고 강태연, 고성대, 김명학, 김봉길, 양석훈, 유상남 선생님께 감사드립니다.

이 논문 연구의 실험에서부터 논문이 완성되기까지 많은 조언을 아끼지 않은 경상북도 수산자원개발연구소의 박무익 연구사님께도 고마운 마음을 전합니다. 또한, 실험과 자료수집 및 정리를 위해 많은 시간을 같이 한 종표, 원평, 오수, 성립, 영보, 봉원, 필연, 영웅, 치훈, 정권 그리고 학위 과정에서부터 오늘까지 부족한 선배를 위해 많은 도움을 주었던 병문, 세훈에게 고마운 마음을 표합니다. 지금 이국땅에서 학업의 길에 정진하고 있는 병호, 봉수, 용주, 순주에게도 파이팅!을, 또한 항상 선배의 발자취를 지켜봐 주는 어류양식실험실과 발생학실험실의 후배들에게도 고마운 마음을 표합니다.

우정으로 인생의 길을 늘 같이 걸어가며 힘이 되어주는 벗 경철 그리고 학창시절의 추억을 못 잊어 지금도 자리를 함께 하고있는 종언, 영후, 경남, 인석, 상돈, 영배, 신일, 창홍님과 한국종, 김광배, 양유석, 김영환 선배님과도 이 작은 결실을 함께하고 싶습니다.

끝으로 사랑과 미소로 격려를 주신 아버지님, 어머니님, 장인 어른과 장모님께 깊은 감사를 드리오며, 형과 오빠로서 부족하지만 항상 말없이 따라주는 동생과 가족 그리고 처형 가족을 비롯한 처남, 처제 가족에게도 고마운 마음을 전합니다. 짧지 않은 기간동안 항상 곁에서 어려운 난관들을 이겨낼 수 있도록 힘을 주는 사랑하는 아내 김미영과 아빠의 자리를 못 다해준 현진, 준환에게 이 작은 결실로 아빠의 사랑을 대신하고자 합니다.