
碩士學位論文

Recombinant Bovine Somatotropin
(rBST)을 처리한 넙치의 성장효과

濟州大學校 大學院

水産生物學科



金 泌 延

1997年 6月

Recombinant Bovine Somatotropin (rBST)을 처리한 넙치의 성장효과

指導教授 盧 暹

金 泌 延

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

1997年 6月



金泌延의 理學碩士 論文을 認准함

審査委員長	李 定宰	(인)
委 員	宋 春福	(인)
委 員	盧 暹	(인)

濟州大學校 大學院

1997年 6月

Effect of Recombinant Bovine
Somatotropin on Growth of Olive
Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Pil–Yun Kim

(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

1997. 6.

목 차

Summery	1
I. 서 론	3
II. 재료 및 방법	5
1. 예비사육(순치사육).....	5
2. 실험어 사육	5
3. rBST 투여	7
4. 사육환경 및 성장조사.....	10
5. 통계분석.....	10
III. 결 과	12
1. 사육환경	12
2. 성장	12
3. 일간 성장률	18
4. 일일 먹이 섭취량	23
5. 사료계수	28
6. 비만도	28
7. 생존율	31
IV. 고 찰	35
V. 요 약	39
VI. 참고문헌	41
감사의 글	46

Summery

The recombinant bovine somatotropin (rBST) was administered to the Oliver flounder, *Paralichthys olivaceus*, to know its growth effects including optimal frequency of administration and dosage of the hormone. For these purposes, the experiment was conducted with three different treatment groups (A, B and C) divided based on their body weight and administration frequency and one control (D) from April 14, 1996 to March 16, 1997. Until the 8th of July were all of experimental fish reared at the Marine Research Institute (MRI) of Cheju National University, which was considered as "the first stage of culture." Later, some of them moved to the private fish farm to know growth effect at the different culture conditions and this period was considered as "the second stage of culture." Compared to the control, the fish of treatment groups grew 7.86 to 10.07% (47.45 to 60.75 g in weight) better at the MRI and 7.55 to 12.80% (56.3 to 95.52 g in weight) better at the private fish farm ($p < 0.05$). In both cases, there were no statistical differences among treatment groups. The distinct growth improvement was revealed after June 9, four weeks later from the first four administration of the hormone and B group showed the best growth effect among the three treatment groups. The daily mean growth rates of fish (5 g in mean body weight) prior to the second trial of rBST administration were 2.60% (A), 2.53% (B) and 2.60% (C), whereas those of fish (20 - 30 g in mean body weight) between the second and third trail of rBST administration were 2.88% (A), 2.93% (B) and 3.00% (C). However, those of fish (100 g in mean body weight) reared for one month after the third trial of rBST administration were 1.89% (A), 2.01% (B) and 1.89% (C) and thus

largest growth effect was obtained from group B. Considering water temperature, the growth effect of rBST on the flounder was greater during the period showing relatively lower temperature. The survival rates were 98.3% (A), 98.4% (B), 97.7% (C) and 93.1% (D) during the first stage of culture, whereas those were 92.7% (A), 91.3% (B), 86.7% (C) and 80.0% (D) at the MRI and 76.5% (A), 74.3% (B), 73.6% (C) and 70.5 at the private fish farm during the second stage of culture.



I. 서론

어류양식의 기본적인 전제조건은 최소의 비용으로 단기간내에 상품크기로 성장을 유도하는 데 있다. 이러한 측면에서 어류의 성장효율을 향상시키기 위한 사료원의 개발, 사료질의 고급화와 더불어 성전환, 3배체 어류의 생산, 그리고 선발육종과 같은 생명공학 기법을 이용하고 있다. 또한, 내분비학적 측면의 연구가 시도되어 각종 호르몬 물질이 여러 분야에서 사용되고 있다 (Li, 1982; Kang and Jang, 1996). 종묘생산에서는 산란용 어미의 성 성숙 촉진이나 산란 유발을 위하여 생식선 자극 호르몬이 실용화되고 있고(Suzuki *et al.*, 1988b), 성에 따른 성장 효과를 얻기 위하여 성전환 기법이 효과적으로 이용되고 있다(Jo *et al.*, 1995; Jang *et al.*, 1996).

어류의 성장은 다른 척추동물과 마찬가지로 뇌하수체로부터 분비되는 성장호르몬에 의해 조절되며, 어류의 성장 촉진을 위한 성장호르몬의 사용은 현재 활발한 연구가 진행되고 있다. 연어의 성장호르몬과 같은 어류의 성장호르몬을 다른 어종에 투여한 결과 성장촉진 효과가 입증되었다(Bilton *et al.*, 1982 ; Kawauchi *et al.*, 1992 ; Steiny *et al.*, 1984 ; Suzuki *et al.*, 1988a ; Wagner *et al.*, 1985). 이밖에 포유류의 호르몬 중에 돼지의 성장호르몬(Komourdjian *et al.*, 1976) 이나 소의 성장호르몬이 어류의 성장을 촉진시킨다는 것이 많은 연구에 의하여 확인되었다 (Bewely and Li, 1972; Higgs *et al.*, 1975, 1976, 1977, 1978; Leatherland and Nuti, 1981; Market *et al.*, 1977; Danzmann *et al.*, 1990; Santome *et al.*, 1973; Wallis, 1973). Komourdjian 등(1976)은 돼지의 성장호르몬(Growth Hormone, GH)을 뇌하수체가 절제된 무지개 송어에 투여하여 성장을 촉진시켰으며, Gill 등(1985)은 recombinant bovine growth hormone이 은연어 유어의 성장 촉진에 효과가 있다고 보고하였다. Agellon 등(1988)은 삼투압 쇼크 후에 침지처리에 의해 무지개 송어에 recombinant salmon GH를 투여하여 성장이 향상되었다고 보고하였으나, Schulte 등(1989)은 무지개 송어에 삼투압 자극 없이 recombinant bovine GH 투여 방법을 시도하여 성장 효과를 보았

다. Weatherley와 Gill(1982)은 무지개송어 치어에 bovine GH를 투여하여 성장 효과를 증명하였다. Cook 등(1983)은 소나 잉어의 성장호르몬을 주사하여 금붕어의 성장률을 32% 나 증가시켰다고 보고하였다. 이러한 연구들은 대부분이 연어류와 송어류등 냉수성 어류에 국한되어 왔을 뿐 해산어류에 적용된 예는 거의 없다. 해산어류에 있어서 성장호르몬을 적용하여 성장 효과를 알아본 연구로서는 Cavari 등(1993)이 사람, 소, 돼지, 닭의 GH를 가지고 황금머리돔(gilthead seabream, *Sparus aurata*)에 주사한 결과 사람이나 소의 GH에 대해서만 성장이 촉진(15%)되었다고 보고하였으며, 국내에서는 Heo 등(1996)이 양식어류 (무지개 송어, 뽕장어, 넙치, 이스라엘 잉어)에 recombinant bovine somatotropin을 투여하여 성장촉진 효과와 독성에 관하여 연구하였다. 이 밖에 Ishioka 등(1992)은 재 조합된 참돔의 성장 호르몬을 참돔 유어에 주사하여 성장의 증가를 증명하였다.

bovine somatotropin (BST)은 소의 뇌하수체 분비선에 의해 생성되며 191개의 아미노산으로 구성된 단백질계 호르몬이다. BST와 유사한 호르몬은 모든 종류의 동물에서 생성되며 이 호르몬은 모든 동물의 성장, 발생, 그리고 그 밖의 신체 기능에 매우 중요하다. 1930년대에는 젖소에 BST를 주사하여 우유 생산량의 명백한 증가를 발견하였다. BST 원료는 도축된 소의 뇌하수체에서만 얻을 수 있어 이용할 수 있는 BST 양은 매우 적고 비싸다. 최근 첨단 생명공학의 일종인 유전자 재조합 기술(recombinant DNA technology)의 발달로 대량 생산할 수 있게 됨에 따라 1970년대 말부터 상품으로서 개발이 본격화 되었다. 이러한 제품들의 안전성에 대하여 미국 FDA(Food and Drug Administration ; 미 식품의약국)는 BST 투여로 생산된 우유에 대한 일반 시판의 허용 및 인체에 대한 안정성을 공식적으로 승인하였다.

이 연구에서는 동물용 의약품으로 개발되어 젖소에 있어서 산유촉진제로 뛰어난 효과를 인정받고 있는 유전자 재조합 기술로 생산된 recombinant bovine somatotropin을 해산 양식어류인 넙치, *Paralichthys olivaceus*의 성장 단계에 따라 1차에서 3차까지 회수를 달리하여 투여한후, 성장효과를 비교하기 위해 실시하였다.

II. 재료 및 방법

이 연구에 사용된 넙치 치어는 1996년 3월 29일 제주도 북제주군 세화리 평농수산에서 체중 5~8 g되는 인공종묘 8,000미를 구입한 것으로, 제주대학교 해양연구소의 실내 사육동으로 이동 관리하였다. 수송된 치어는 fiber reinforced plastic(FRP) 원형수조($\phi 3\text{m} \times 1\text{m}$)에서 순치를 위한 예비 사육과 1996년 4월 14일부터 1997년 3월 16일 까지 2차에 걸친 실험사육으로 나누어 사육하였다. 사육수의 양은 4.25톤으로 자연해수를 사용하였고, 환수는 1일 8~10회로 하였다. 충분한 산소 공급을 위해 포기하고 배수는 ventury 중앙배수 장치를 사용하였다.

1. 예비사육(순치사육)

1996년 3월 29일에 입수된 넙치는 이 연구가 시작되는 1996년 4월 14일 전까지 16일간 순치 사육하였으며, 이 기간중 체형이 비정상적으로 보이는 개체와 월등하게 크기의 차이가 인정되는 것은 선별 제거하였다. 사료는 EWOS사의 직경 3mm의 고압팽창사료(extruded pellet)를 매일 아침 10시, 오후 2시, 6시 3회에 걸쳐 공급하였다.

2. 실험어 사육

1) 1차사육

순치사육이 끝난 평균 체중 $7.01 \pm 0.91\text{g}$ 의 치어를 4월 14일부터 12주에 걸쳐 1차 사육을 실시하였다. 각 시험구별로 1,000미씩 4개의 시험구에 수용하여 2반복으로 행하였다.

2) 2차사육

12주의 1차 사육이 끝난후에 실험어의 성장에 따라 사육수조내의 과밀 현상을 피하기 위해서 7월 8일부터 각 시험구당 사육미수를 300미씩 무작위로 추출하여 2반복으로 재설정하였고, 나머지 실험어는 제주도 남제주군 태흥3리에 위치한 전원수산으로 옮겨 4개의 대형수조 ($\phi 5m \times 1m$)에 각각 시험구별로 1,000미씩 수용하였다. 전원수산에 수용된 넙치 치어는 지하해수와 자연해수를 섞어 수온을 $16.4 \sim 18.3^{\circ}C$ 범위에서 사육하면서 해양연구소 사육결과와 비교하였다.

3) 사료공급

시험 기간동안 EWOS사의 고압팽창사료(extruded pellet, EP)를 1일 3회(오전 10시, 오후 2시, 6시) 충분히 공급하였으며, 사료의 크기는 성장함에 따라 바꾸어 주었다. EP 사료의 공급 부족으로 부득이 96년 10월 4일부터 semi-moist pellet으로 전환하였다. 사료의 성분은 Table 1과 같다.

Table 1. Proximate composition of the feed used in this study
(unit : percent)

	Extruded pellet	Semi-moist pellet
Moist	6.30	10.0
Crude protein	40.44	35.0
Crude fat	19.92	7.0
Crude fiber		5.0
Ash	9.25	17.0
Ca		1.2
P		1.8
Carbohydrate	24.09	20.0

3. rBST 투여

이 연구에 사용된 성장촉진 약제는 유전자 재조합 기술로 대량 생산된 recombinant bovine somatotropin (rBST)이 주성분인 분말제제를 사용하였다. 그 구성 성분은 Table 2와 같다.

시험구의 설정은 rBST의 공급시기를 평균 체중 5g 전후, 20~30g 전후, 100g 전후로 나누고 평균 체중이 5g 전후 때 시험구 A, B, C에 각각 제 1차 투여하였다. 평균 체중이 20~30g이 되었을 때 시험구 B와 C에만 제 2차 투여를 하였고, 평균 체중이 100g이 되었을 때 시험구 C에만 제 3차 투여 하였다. 아무런 처리도 하지않은 시험구 D를 대조구로 하였다.

rBST투여량은 Heo 등(1996)의 연구에서 가장 좋은 성장 효과를 보였던 어체중당 20mg/kg으로 하였다. 투여방법은 BST를 4℃에서 냉장 보관하다가 투여하기 전날 각 수조에서 실험어를 50미씩 무작위 추출하여 중량을 측정후 전체 어체중으로 환산하여 투여하였다. 작업의 용이성과 사료에 rBST를 효율적으로 침투시키기 위하여 어체중 1kg을 기준으로하여 분말제제 200mg (rBST 20mg)을 물 2ml에 잘 녹인후 8g의 사료(EP)를 침지시켜 10분간 그대로 방치하여 약이 완전히 흡수된후 투여하였다. rBST 투여시기는 전체 실험어에 공급하기 위해서 아침 사료를 공급하기 전에 rBST 사료를 먼저 공급한 후 일반사료를 공급하였다. 각 차별 rBST 공급은 7일간격으로 4회에 걸쳐 투여하였다. 처리구별 rBST의 투여일정과 투여량은 Table 3과 같다.

Table 2. The formulation of test drug including recombinant bovine somatotropin used in this study

Ingredients	Content (%)
Recombinant bovine somatotropin	10
Polyacrylate	10
D-mannitol	80

Table 3. Administration protocol for rBST

No. of administration	Treatment date	Treatment group	Dose (Unit : g)	
First trial	First	Apr. 19	A1	1.362
			A2	1.398
			B1	1.391
			B2	1.339
			C1	1.367
			C2	1.361
	Second	Apr. 26	A1	1.778
			A2	1.774
			B1	1.766
			B2	1.848
			C1	1.942
			C2	1.848
Third	May 3	A1	2.201	
		A2	2.283	
		B1	2.307	
		B2	2.267	
		C1	2.295	
		C2	2.232	
Fourth	May 10	A1	2.741	
		A2	2.769	
		B1	2.693	
		B2	2.699	
		C1	2.735	
		C2	2.770	

Table 3. Continued

No. of administration	Treatment date	Treatment group	Dose (Unit : g)	
Second trial	First	June 10	B1	5.524
		B2	5.254	
		C1	5.335	
		C2	5.854	
	Second	June 17	B1	5.431
			B2	5.193
			C1	5.268
			C2	5.774
	Third	June 24	B1	7.789
			B2	8.846
			C1	7.245
			C2	8.062
Fourth	July 1	B1	7.620	
		B2	8.720	
		C1	7.119	
		C2	7.717	
Third trial	First	July 15	C1	4.130
		C2	3.918	
	Second	July 22	C1	5.263
			C2	4.900
	Third	July 29	C1	5.840
			C2	5.651
	Fourth	Aug. 5	C1	6.467
			C2	6.134

4. 사육환경 및 성장조사

실험 기간중의 수온, 용존산소(dissolved oxygen, DO), pH, 염분을 매일 오전 10시에 측정하였다.

각 실험어의 어체측정은 스트레스를 최대한 줄이기 위해 16일간의 순치 사육이 끝난 4월 14일부터 4주 간격으로 전장과 체중을 측정하였다. 측정 표본수는 4회 측정(7월 7일)까지는 각 시험구당 200미씩(반복구를 포함하여 총 400미) 무작위 추출하여 측정하였고, 5회 측정부터 실험 종료때까지는 각 시험구당 50미씩(반복구 포함하여 총 100미) 측정하였다. 체중은 top loading 천칭(모델 TS-aks)을 이용하여 0.1g까지 측정하였고, 전장은 자체 제작한 측정판으로 1mm까지 측정하였다. 어체를 측정하는 날은 아침에 사료를 공급하지 않았다.

5. 통계분석

실험기간동안 각 처리구별 성장도, 일간성장률, 비만도, 사료계수, 생존률 등을 비교분석하였다.

비만도(Condition factor)는 다음의 식에 의해서 결정되었다.

$$CF = (W/L^{3.038})$$

여기서, W는 체중(g), L은 전장(cm)이며, 지수 3.038은 모든 자료에 대한 log길이에 대한 log체중의 회귀에 의해 계산되었다(Down *et al.*, 1988). 결과 그 관계는 3.038의 기울기로 선형($r^2 = 0.99$)이었다.

일간 성장률은 Yoon(1994)의 방법에 의해 다음과 같이 구하였다.

$$\text{Daily growth rate (DGR) (\%)} = [(W/W_0)^{1/t} - 1] \times 100$$

여기서, t : 실험경과 일수

W_0 : 실험개시 당시 $t = 0$ 일때의 체중

W_t : t 일때의 체중

모든 자료의 통계분석은 SAS 통계처리 소프트웨어를 이용하였으며, ANOVA-test를 실시한 후 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 알아보았다.



III. 결 론

1. 사육환경

연구소의 실험수조에서 사육기간 동안 각 시험구의 수온, 염분, DO, pH의 결과는 Fig. 1, 2와 같았다. 사육기간동안의 수온은 10.8~25.4℃의 범위로 8월에 가장 수온이 높았으며, 12월과 2월에 각각 10.8℃, 10.9℃로 가장 낮았다. 염분은 27.5~35.0‰의 범위로 특히 8월과 9월에 염분이 각각 27.5‰, 29.1‰로 아주 낮았는데, 그 이유는 중국대륙의 폭우에 의한 양자강의 영향으로 제주 전 지역에 발생한 저염분 현상 때문이었다(Fig.1).

실험기간중 DO와 pH의 변화 범위는 각각 5.50~8.15mg/l, 7.58~8.49로 비교적 양호한 사육 환경을 유지하였다(Fig. 2).

2차사육에서 양식장의 대형수조로 옮긴 것은 지하해수를 이용하여 수온을 16~18.3℃로 유지하였다.

2. 성장



1996년 4월 14일부터 1997년 3월 16일 까지 해양연구소의 실험수조와 1996년 7월 8일부터 1997년 3월 16일까지 양식장의 대형수조에서 넙치 치어를 대상으로 이루어진 rBST 성장효과는 Fig. 3, 4, 5, 6과 같다. 실험기간 동안 전장, 체중의 성장은 모든 처리구가 대조구 보다 더 빠른 성장을 보였다. 모든 시험구에서 자연 해수만을 이용하여 사육하였던 성장결과는 연중 수온이 16~18.3℃로 유지되었던 양식장의 대형수조에서의 성장결과보다 더 저조하게 나타났다. 각 시험구별로 성장 결과를 비교해 보면, 실험 시작시 전장(total length, TL)과 체중(body weight, BW)의 평균은

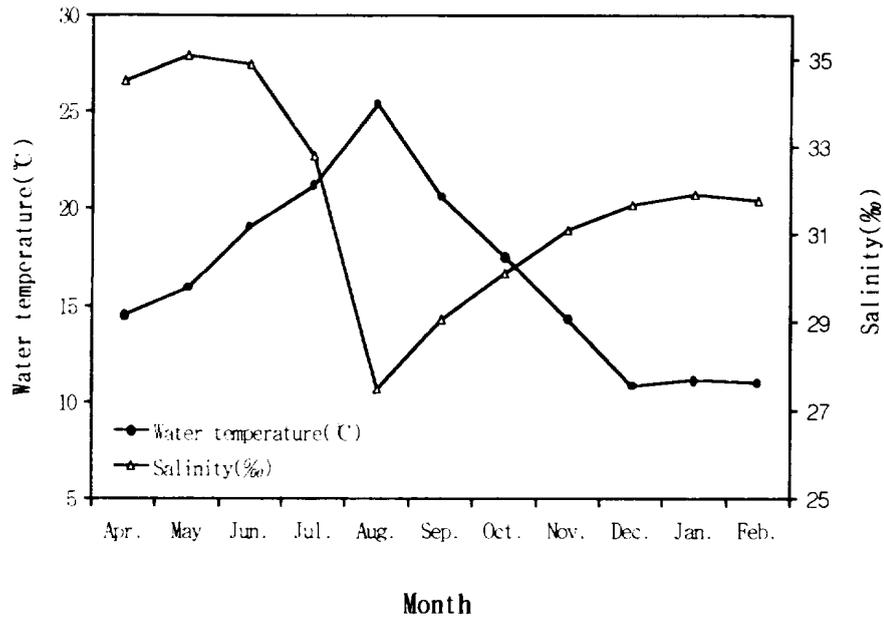


Fig. 1. Water temperature and salinity of rearing water during the study period.

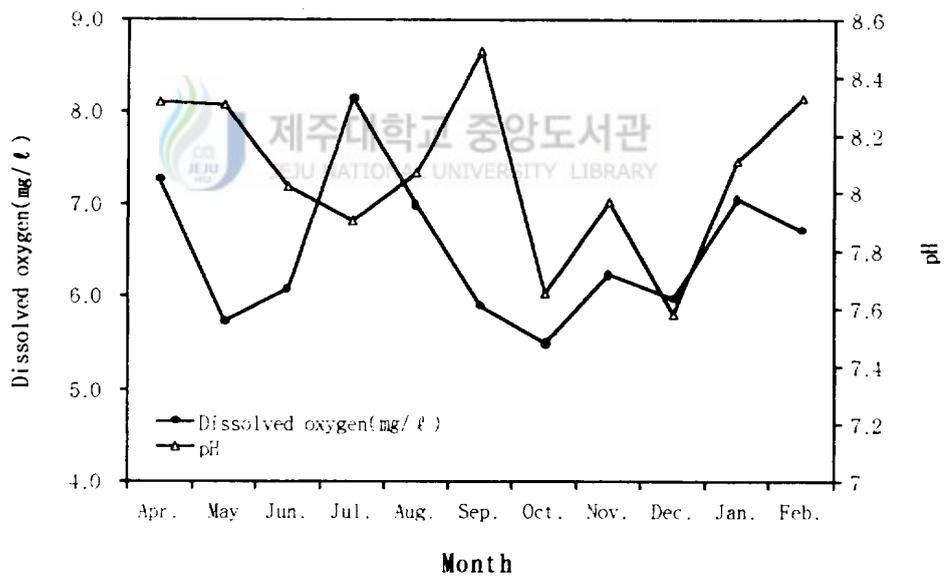


Fig. 2. Dissolved oxygen and pH of rearing water during the study period.

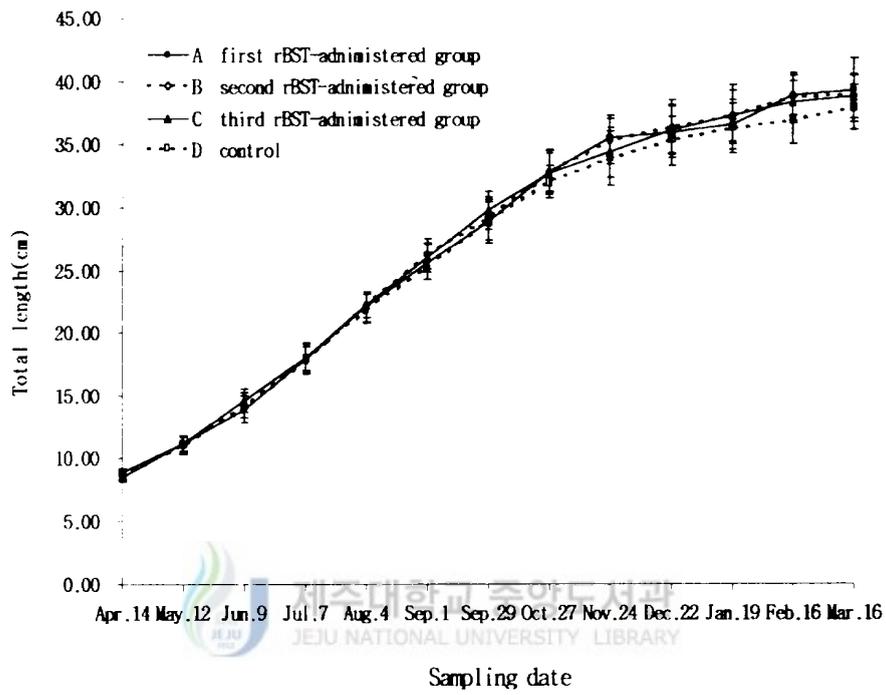


Fig. 3. Effect of rBST on the total length of flounders during the experimental period at the Marine Research Institute, Cheju National University.

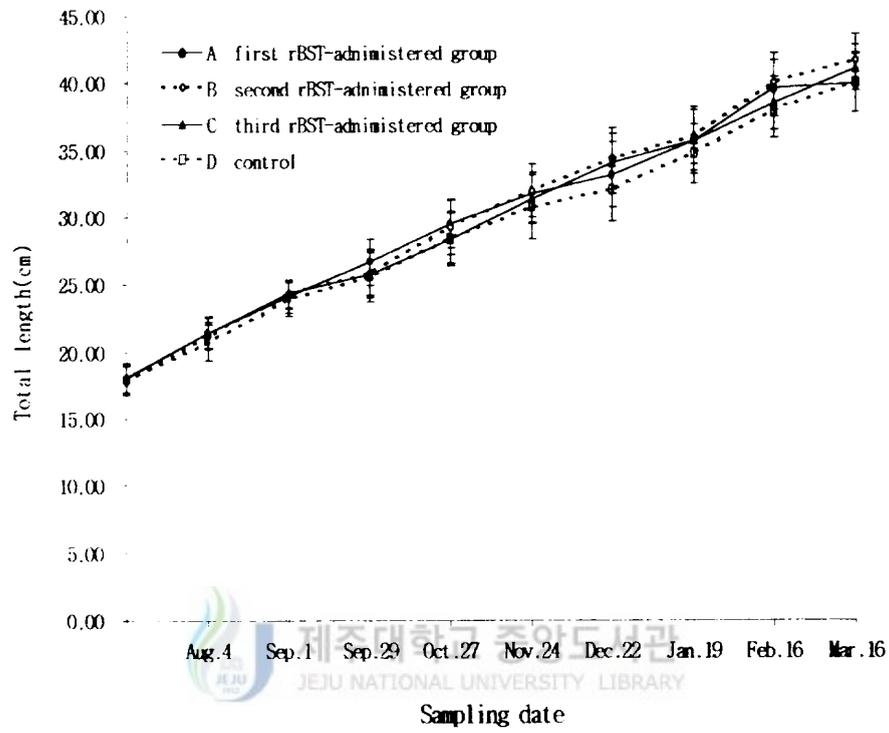


Fig. 4. Effect of rBST on the total length of flounder during the experimental period at the nursery.

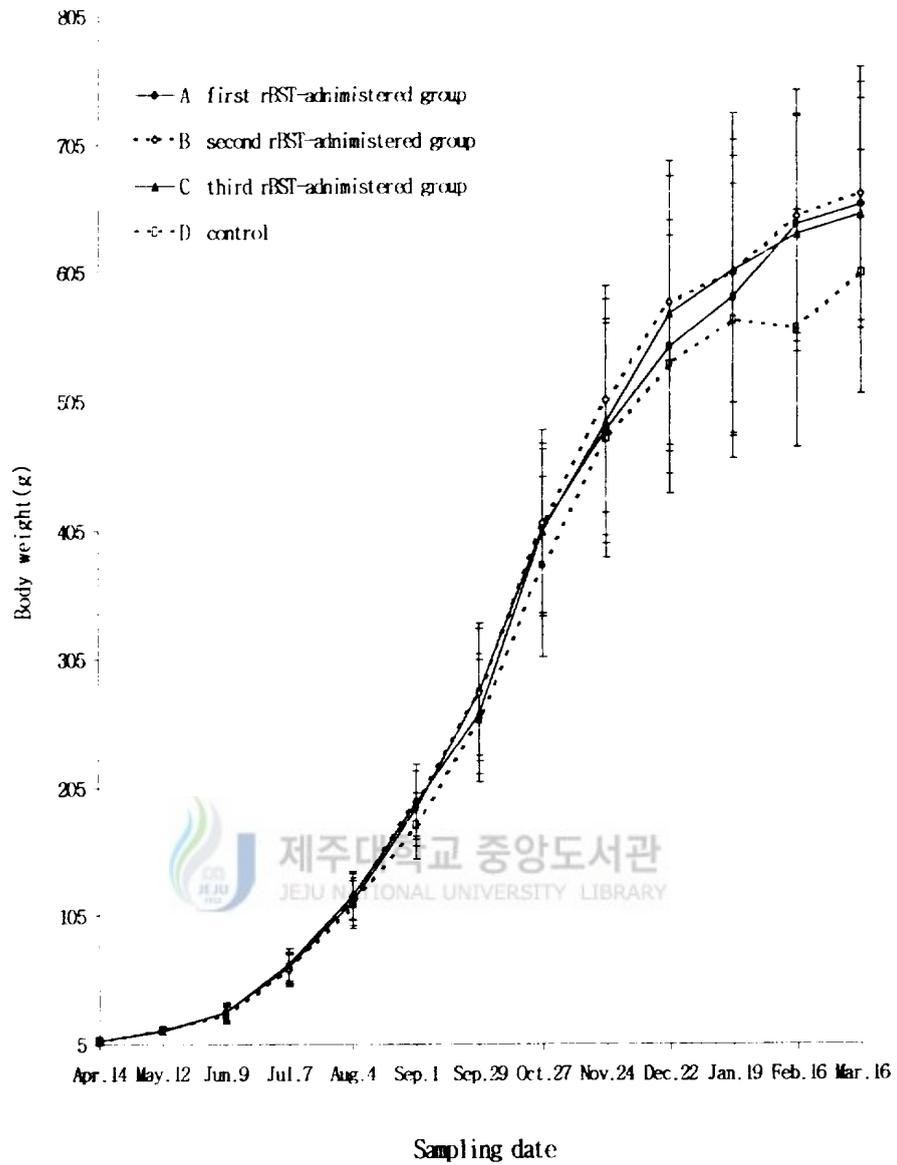


Fig. 5. Effect of rBST on the body weight of flounder during the experimental period at the Marine Research Institute, Cheju National University.

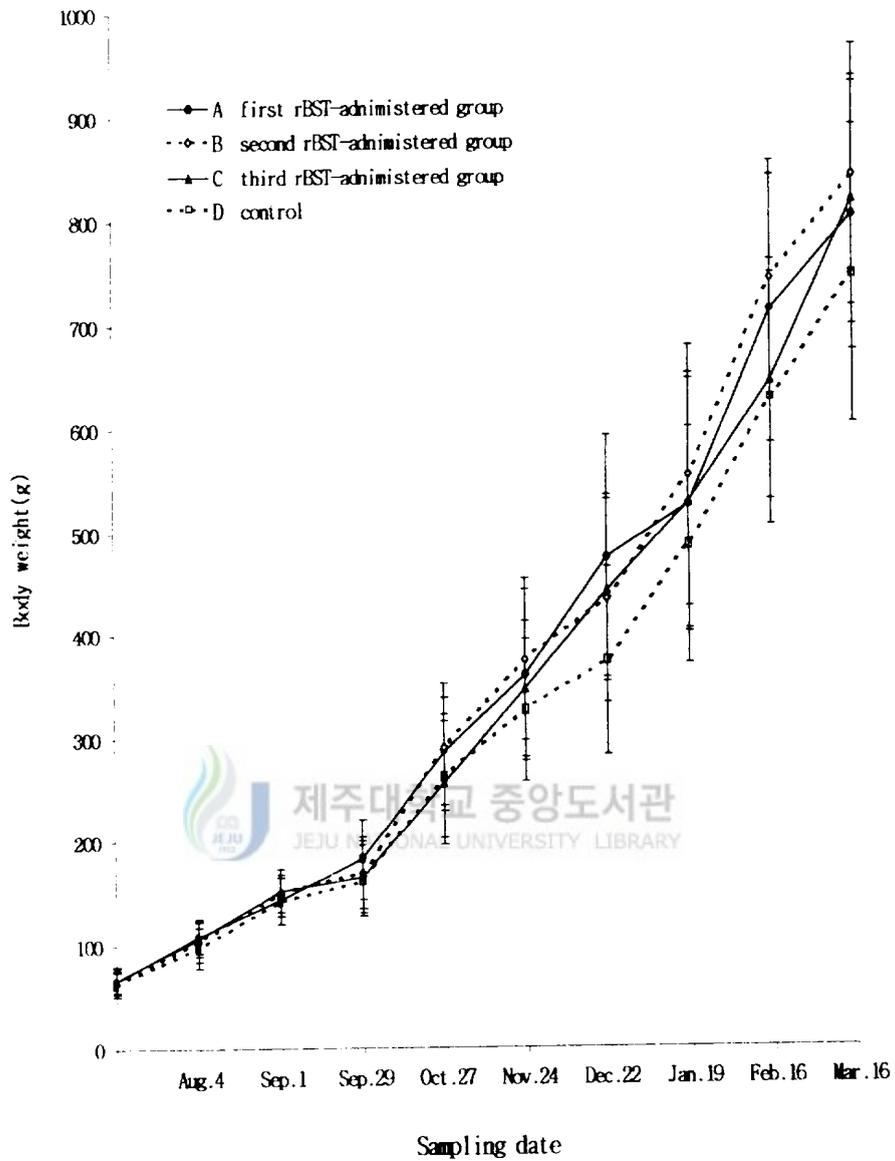


Fig. 6. Effect of rBST on the body weight of flounder during the experimental period at the nursery.

A 처리구는 $8.84 \pm 0.33\text{cm}$, $7.05 \pm 0.79\text{g}$, B 처리구 $8.66 \pm 0.42\text{cm}$, $6.97 \pm 0.85\text{g}$, C 처리구 $8.47 \pm 0.33\text{cm}$, $6.97 \pm 0.90\text{g}$, 대조구 D는 $8.75 \pm 0.44\text{cm}$, $7.05 \pm 1.07\text{g}$ 로 전장에 있어서는 처리구간에 유의차가 있었으나($P < 0.05$), 체중에 있어서는 유의차가 인정되지 않았다($P > 0.05$). 실험 종료시 rBST를 1차 투여한 A 처리구 $39.23 \pm 2.50\text{cm}$, $655.87 \pm 95.42\text{g}$, 1차, 2차 투여한 B 처리구 $38.79 \pm 1.76\text{cm}$, $664.20\text{g} \pm 98.72$, 1, 2, 3차 투여를 한 C 처리구에서는 $38.72 \pm 1.65\text{cm}$, $650.99 \pm 88.95\text{g}$, rBST 처리를 하지 않은 대조구 D는 $37.93 \pm 1.77\text{cm}$, $603.54 \pm 94.44\text{g}$ 로 대조구보다 처리구가 7.86~10.07%(47.45~60.75g)의 성장 차이를 보여 유의한 효과($P < 0.05$)가 나타났으나, 처리구간에는 유의차가 없었다($p > 0.05$)(Table 4). 양식장 대형수조의 사육결과에서도 실험종료시 처리구 A $39.93 \pm 2.19\text{cm}$, $801.82 \pm 128.97\text{g}$, 처리구 B $41.73 \pm 1.96\text{cm}$, $841.06 \pm 124.98\text{g}$, 처리구 C $41.11 \pm 1.69\text{cm}$, $816.46\text{g} \pm 119.93\text{g}$, 대조구 D $39.99 \pm 2.26\text{cm}$, $745.54 \pm 143.92\text{g}$ 으로 처리구가 대조구 보다 7.55~12.80%(56.30~95.52g)의 현저한 체중 성장의 차이를 보였다($P < 0.05$). 월별 성장을 보면, 대조구와 처리구간의 성장의 차이는 rBST 1차 4회 투여한지 4주 후(6월 9일)부터 나타나기 시작하였으며, rBST 처리가 끝난 후 처리구와 대조구간의 성장 차이는 더욱 커졌으며($P < 0.05$). 실험기간내내 대조구의 평균 어체중이 가장 낮았다. 처리구간에 유의성은 없었으나 처리구 B가 실험종료시까지 대조구와 유의성이 인정되었으며, 다른 처리구에 비해 비교적 성장효과가 좋았다(Fig. 5, 6, Table 4, 5). 연구소 실험수조의 넙치에 비해 양식장 대형수조의 넙치의 성장은 수송후 2개월까지 저조하였다. 이는 옮기는 과정에서 수반된 handling과 사육환경이 바뀐데 따른 스트레스 등으로 연구소의 실험어 보다 최고 100g 까지 체중성장이 낮았으나, 전 사육기간동안 수온이 $16 \sim 18.3^\circ\text{C}$ 로 유지되어 12월 이후에도 성장이 증가하여 실험 종료시에는 오히려 연구소보다 최고 약 200g 내외의 더 빠른 성장을 보였다.

3. 일간성장률

Table 4. Growth effect of administered rBST to flounder during experimental period at the Marine Research Institute, Cheju National University*

Date	Experimental No.	No. of sampling	Mean \pm SD	
			TL(cm)	BW(g)
Apr. 14. '96	A	200	8.84 \pm 0.33 ^a	7.05 \pm 0.79 ^a
	B	200	8.66 \pm 0.42 ^c	6.96 \pm 0.85 ^a
	C	200	8.47 \pm 0.33 ^d	6.97 \pm 0.90 ^a
	D	200	8.75 \pm 0.44 ^b	7.05 \pm 1.07 ^a
May 12	A	200	11.17 \pm 0.61 ^a	15.24 \pm 2.80 ^b
	B	200	11.03 \pm 0.65 ^b	15.62 \pm 2.97 ^{ab}
	C	200	11.13 \pm 0.65 ^{ab}	15.71 \pm 2.89 ^a
	D	200	11.10 \pm 0.74 ^{ab}	15.69 \pm 3.28 ^a
June 9	A	200	13.89 \pm 1.08 ^c	29.71 \pm 7.18 ^a
	B	200	13.95 \pm 1.13 ^c	28.36 \pm 7.06 ^b
	C	200	14.63 \pm 0.97 ^a	29.38 \pm 6.50 ^a
	D	200	14.25 \pm 1.00 ^b	27.84 \pm 6.33 ^b
July 7	A	200	18.00 \pm 1.10 ^{ab}	65.87 \pm 13.09 ^a
	B	200	17.84 \pm 1.11 ^b	63.65 \pm 12.90 ^b
	C	200	18.09 \pm 1.09 ^a	67.14 \pm 12.61 ^a
	D	200	17.95 \pm 1.13 ^{ab}	63.03 \pm 11.64 ^b
Aug. 4	A	50	22.09 \pm 1.17 ^{ab}	115.67 \pm 19.13 ^{ab}
	B	50	22.24 \pm 1.04	119.93 \pm 18.20 ^a
	C	50	22.25 \pm 1.04 ^{ab}	120.41 \pm 19.17 ^a
	D	50	21.93 \pm 1.11 ^b	113.32 \pm 18.72 ^b
Sep. 1	A	50	25.63 \pm 1.38 ^b	188.79 \pm 29.32 ^a
	B	50	26.24 \pm 1.18 ^a	194.14 \pm 29.02 ^a
	C	50	26.01 \pm 1.14 ^a	192.32 \pm 25.59 ^a
	D	50	25.30 \pm 1.11 ^c	175.19 \pm 25.31 ^b
Sep. 29	A	50	28.77 \pm 1.62 ^b	278.93 \pm 48.94 ^{ab}
	B	50	29.12 \pm 1.73 ^b	278.67 \pm 53.29 ^{ab}
	C	50	29.72 \pm 1.50 ^a	292.21 \pm 46.17 ^a
	D	50	28.97 \pm 1.63 ^b	265.82 \pm 47.57 ^b

* Values (mean of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

Table 4. continued

Date	Experimental No.	No. of sampling	Mean \pm SD	
			TL(cm)	BW(g)
Oct. 27	A	50	32.79 \pm 1.62 ^a	405.67 \pm 65.46 ^a
	B	50	32.80 \pm 1.78 ^a	410.36 \pm 72.36 ^a
	C	50	32.67 \pm 1.55 ^a	403.20 \pm 63.58 ^a
	D	50	32.02 \pm 1.32 ^b	376.13 \pm 60.45 ^b
Nov. 24	A	50	35.49 \pm 1.58 ^a	482.18 \pm 82.55 ^a
	B	50	35.31 \pm 1.94 ^a	505.00 \pm 88.02 ^a
	C	50	34.35 \pm 2.00 ^b	500.30 \pm 94.75 ^a
	D	50	33.88 \pm 2.16 ^b	474.99 \pm 92.40 ^a
Dec. 22	A	50	35.96 \pm 2.00 ^a	545.73 \pm 98.15 ^{ab}
	B	50	36.39 \pm 2.19 ^a	580.19 \pm 110.14 ^a
	C	50	36.14 \pm 1.95 ^a	571.62 \pm 106.88 ^a
	D	50	35.26 \pm 1.93 ^b	532.35 \pm 99.71 ^b
Jan. 19, '97	A	50	36.57 \pm 1.99 ^{bc}	584.95 \pm 108.68 ^{ab}
	B	50	37.32 \pm 2.34 ^a	602.89 \pm 123.96 ^a
	C	50	37.22 \pm 1.99 ^{ab}	604.92 \pm 101.82 ^a
	D	50	36.22 \pm 2.02 ^c	566.07 \pm 106.50 ^b
Feb. 16	A	50	38.84 \pm 1.55 ^a	640.68 \pm 84.91 ^a
	B	50	38.70 \pm 1.88 ^a	647.27 \pm 98.53 ^a
	C	50	38.28 \pm 1.67 ^a	633.63 \pm 92.12 ^a
	D	50	36.90 \pm 1.87 ^b	560.37 \pm 91.80 ^b
Mar. 16	A	50	39.23 \pm 2.50 ^a	655.87 \pm 95.42 ^a
	B	50	38.79 \pm 1.76 ^a	664.29 \pm 98.72 ^a
	C	50	38.72 \pm 1.65 ^a	650.99 \pm 88.95 ^a
	D	50	37.93 \pm 1.77 ^b	603.54 \pm 94.44 ^b

Table 5. Growth effect of administered rBST to flounder during experimental period at the nursery.*

Date	Experimental No.	No. of sampling	Mean \pm SD	
			TL(cm)	BW(g)
Aug. 4, 1996	A	50	21.43 \pm 1.21 ^a	108.44 \pm 16.53 ^a
	B	50	21.24 \pm 0.96 ^a	103.62 \pm 19.43 ^{ab}
	C	50	21.40 \pm 1.15 ^a	106.96 \pm 16.93 ^a
	D	50	20.69 \pm 1.39 ^b	97.33 \pm 19.56 ^b
Sep. 1	A	50	24.07 \pm 1.20 ^a	144.15 \pm 23.44 ^{ab}
	B	50	24.27 \pm 1.12 ^a	150.73 \pm 22.71 ^{ab}
	C	50	24.29 \pm 1.06 ^a	152.70 \pm 20.90 ^a
	D	50	23.91 \pm 1.27 ^a	142.87 \pm 22.42 ^b
Sep. 29	A	50	26.64 \pm 1.66 ^a	183.15 \pm 38.74 ^a
	B	50	25.85 \pm 1.67 ^b	169.54 \pm 34.55 ^{ab}
	C	50	25.80 \pm 1.77 ^b	165.39 \pm 35.13 ^b
	D	50	25.52 \pm 1.86 ^b	162.18 \pm 34.66 ^b
Oct. 27	A	50	29.51 \pm 1.81 ^a	287.23 \pm 51.80 ^a
	B	50	29.24 \pm 1.98 ^a	290.89 \pm 60.95 ^a
	C	50	28.39 \pm 1.99 ^b	256.22 \pm 59.54 ^b
	D	50	28.47 \pm 1.85 ^b	262.50 \pm 59.97 ^b
Nov. 24	A	50	31.73 \pm 2.19 ^a	360.40 \pm 82.72 ^a
	B	50	31.98 \pm 1.99 ^a	375.42 \pm 78.10 ^a
	C	50	31.37 \pm 1.92 ^{ab}	347.49 \pm 65.24 ^{ab}
	D	50	30.75 \pm 2.39 ^b	326.76 \pm 68.60 ^b
Dec. 22	A	50	33.15 \pm 2.40 ^a	474.09 \pm 116.78 ^a
	B	50	34.35 \pm 2.32 ^a	434.42 \pm 100.22 ^a
	C	50	34.00 \pm 2.21 ^a	441.48 \pm 88.05 ^a
	D	50	32.05 \pm 2.37 ^b	374.03 \pm 90.53 ^b

* Values (mean of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

Table 5. Continued

Date	Experimental No.	No. of sampling	Mean \pm SD	
			TL(cm)	BW(g)
Jan. 19, 1997	A	50	35.70 \pm 2.28 ^a	525.30 \pm 121.34 ^{ab}
	B	50	36.05 \pm 2.14 ^a	552.49 \pm 125.93 ^a
	C	50	35.70 \pm 2.47 ^a	526.46 \pm 125.04 ^{ab}
	D	50	34.74 \pm 2.21 ^b	485.36 \pm 114.46 ^b
Feb. 16	A	50	39.58 \pm 2.12 ^a	711.90 \pm 129.09 ^a
	B	50	40.06 \pm 2.11 ^a	742.18 \pm 112.47 ^a
	C	50	38.53 \pm 1.97 ^b	643.96 \pm 115.23 ^b
	D	50	37.93 \pm 2.09 ^b	626.18 \pm 121.73 ^b
Mar. 16	A	50	39.93 \pm 2.19 ^b	801.82 \pm 128.97 ^a
	B	50	41.73 \pm 1.96 ^a	841.06 \pm 124.98 ^a
	C	50	41.11 \pm 1.69 ^a	816.46 \pm 119.93 ^a
	D	50	39.99 \pm 2.26 ^b	745.54 \pm 143.92 ^b



실험 수조에서의 일간 성장률은 전 시험구가 유사한 경향을 보이는 가운데 rBST 처리가 끝난후 처리구가 다소 좋은 성장률을 보였다(Table 6). rBST 처리기간과 rBST 처리후 수온에 따른 평균 일간 성장률을 비교하였을때 rBST 처리가 끝난후 수온이 비교적 높은 기간의 평균 일간성장률은 시험구간에 별차이가 없었으나, rBST 처리기간과 rBST 처리가 끝난후 수온이 비교적 낮은 기간의 평균 일간성장률은 처리구가 높았다(Table 8). 전 실험기간에 대한 평균 일간성장률은 B 처리구가 1.37%, 처리구 A, C는 1.36%로 유사하였으나, 대조구는 1.33%로 가장 낮았다(Table 9). 양식장 대형수조에서의 일간 성장률도 시험구간에 유사한 경향을 보였으며(Table 7), 실험 전반에 걸친 평균 일간성장률은 A 처리구 1.00%, B처리구 1.03%, C 처리구 1.00%, 대조구D 0.99%로 유사하였다(Table 10).

4. 일일 먹이 섭취률

rBST가 투여되는 기간의 평균 일일 먹이 섭취률은 대조구가 1.19%로 처리구 보다 높았으며 처리구 간에는 유사한 경향을 보였다(Table 6). rBST 처리가 끝난 후에는 각 시험구에 섭취률은 유사하거나 미미한 차이를 보였다(Table 8).

양식장 대형 수조에서의 일일 먹이 섭취는 어병이 치유된 10월 27일부터 대조구와 처리구 A, B가 차이를 보이기 시작해서 11월 24일부터 대조구가 처리구보다 일일 먹이 섭취률이 높았다. 처리구간에는 처리구 C가 다른 처리구들보다 높은 일일 먹이 섭취률을 보였다(Table 7).

Table 6. Result of the rearing experiment with flounder at the four different treatment frequency during experimental period in the Marine Research Institute, Cheju National University

Date	Experimental No.	Weight gain(g)	Total* amount of feed(g)	Feed** coeff.	Daily*** feeding rate(%)	Daily growth rate(%)
May 12, 1996	A	3275.46	19933.91	0.59	1.61	2.79
	B	3460.37	1855.35	0.54	1.52	2.93
	C	3498.60	2013.59	0.58	1.64	2.95
	D	3459.02	1974.12	0.57	1.61	2.90
June 9	A	5788.82	3878.54	0.67	1.54	2.41
	B	5096.16	3823.83	0.75	1.55	2.15
	C	5467.40	3934.52	0.72	1.56	2.26
	D	4858.13	3837.90	0.79	1.57	2.07
July 7	A	14464.50	8704.15	0.60	1.63	2.88
	B	14088.90	9119.78	0.65	1.77	2.93
	C	15102.40	9319.97	0.62	1.72	3.00
	D	14074.80	8150.18	0.58	1.60	2.96
Aug. 4	A	4979.76	3416.74	0.69	1.51	2.03
	B	5635.36	3439.33	0.61	1.50	2.29
	C	5327.33	3626.17	0.68	1.55	2.11
	D	5029.00	4223.48	0.84	1.92	2.12
Sep. 1	A	7312.49	5352.26	0.73	1.26	1.77
	B	7420.92	5245.40	0.71	1.19	1.74
	C	7191.20	5603.20	0.78	1.28	1.69
	D	6187.00	6096.84	0.99	1.51	1.57
Sep. 29	A	9013.80	8756.17	0.97	1.37	1.40
	B	8452.70	9198.90	1.09	1.44	1.30
	C	9988.70	9300.40	0.93	1.42	1.51
	D	9063.40	9085.00	1.00	1.53	1.50
Oct. 27	A	6336.75	4470.45	0.71	1.04	1.35
	B	13169.10	9222.14	0.70	1.07	1.39
	C	10593.60	9604.83	0.91	1.12	1.16
	D	10370.90	9066.29	0.87	1.14	1.25

* Dry weight

** Feed coefficient : Feed intake (dry weight) / Weight gain

*** $[\text{Feed intake (dry weight)} \times 100] / [(\text{Initial fish weight} + \text{Final fish Weight}) \times \text{day fed} / 2]$

Table 6. Continued

Date	Experimental No.	Weight gain(g)	Total amount of feed(g)	Feed coeff.	Daily feeding rate(%)	Daily growth rate(%)
Nov. 24	A	3825.60	5016.74	1.31	0.90	0.62
	B	9463.80	10533.22	1.11	0.92	0.74
	C	8975.30	10743.36	1.20	0.97	0.77
	D	10545.60	9897.08	0.94	0.94	0.87
Dec. 22	A	3177.40	3869.61	1.22	0.65	0.42
	B	7519.50	8261.83	1.10	0.66	0.50
	C	8371.70	8402.14	1.00	0.69	0.57
	D	5736.90	7890.14	1.38	0.68	0.41
Jan. 19, 1997	A	1961.00	2822.35	1.44	0.67	0.25
	B	2270.30	5117.20	2.25	0.58	0.14
	C	3330.70	5765.41	1.73	0.65	0.20
	D	3371.80	5015.67	1.49	0.61	0.22
Feb. 16	A	2786.70	1886.62	0.68	0.47	0.33
	B	4437.50	4091.22	0.92	0.50	0.25
	C	2870.80	4122.19	1.44	0.51	0.17
	D	-570.20	3976.77	-	0.54	-0.04
Mar. 16	A	759.60	2167.61	2.85	0.39	0.08
	B	1702.20	4633.97	2.72	0.42	0.09
	C	1503.80	4866.76	3.24	0.45	0.09
	D	4317.40	4848.54	1.12	0.49	0.27

Table 7. Result of the rearing experiment with flounder at the four different treatment frequency during experimental period in the nursery

Date	Experimental No.	Weight gain(g)	Total* amount of feed(g)	Feed** coeff.	Daily*** feeding rate(%)	Daily growth rate(%)
Aug. 4	A	2128.28	1427.85	0.67	1.17	1.08
	B	1991.89	1392.15	0.70	1.19	1.76
	C	1991.36	1544.50	0.78	1.27	1.68
	D	1715.00	1297.79	0.76	1.16	1.56
Sep. 1	A	1785.70	2606.34	1.46	1.53	1.02
	B	2365.80	2893.78	1.22	1.69	1.35
	C	2286.70	2946.37	1.29	1.68	1.28
	D	2277.00	2915.85	1.28	1.80	1.36
Sep. 29	A	1950.10	3420.54	1.75	1.82	0.86
	B	940.40	3839.52	4.08	2.08	0.42
	C	634.60	3500.25	5.51	1.93	0.29
	D	965.90	3500.25	3.62	2.00	0.45
Oct. 27	A	5203.70	8302.68	1.60	2.52	1.62
	B	6067.60	8296.89	1.37	2.56	1.95
	C	4334.90	8252.76	1.90	2.82	1.58
	D	5015.70	8227.93	1.64	2.77	1.73
Nov. 24	A	3658.90	9678.79	2.65	2.13	0.81
	B	4226.60	10649.70	2.52	2.28	0.92
	C	4770.00	10340.77	5.17	2.46	1.09
	D	3212.90	10520.06	3.27	2.55	0.79
Dec. 22	A	5684.20	5792.38	1.02	1.32	0.98
	B	2949.80	5516.55	1.87	1.30	0.52
	C	4699.60	5792.38	1.23	1.40	0.86
	D	2363.50	5516.55	2.33	1.50	0.48

* Dry weight

** Feed coefficient : Feed intake (dry weight) / Weight gain

*** $[\text{Feed intake(dry weight)} \times 100] / [(\text{Initial fish weight} + \text{Final fish weight}) \times \text{day fed} / 2]$

Table 7. Continued

Date	Experimental No.	Weight gain(g)	Total amount of feed(g)	Feed coeff.	Daily feeding rate(%)	Daily weight gain(%)
Jan. 19, 1997	A	2660.80	11000.00	4.30	2.32	0.95
	B	5903.70	10450.00	1.77	2.23	0.70
	C	4249.00	10450.00	2.46	2.27	0.61
	D	5566.58	10243.75	1.84	2.51	1.03
Feb. 16	A	9329.80	11000.00	1.17	2.09	1.09
	B	9484.30	11000.00	1.16	2.00	1.06
	C	5875.00	11000.00	1.87	2.21	0.72
	D	7041.12	11000.00	1.56	2.33	0.91
Mar. 16	A	4496.00	11687.50	2.60	2.38	0.43
	B	4944.00	11687.50	2.36	2.27	0.45
	C	8624.90	11687.50	1.36	2.46	0.85
	D	5968.00	11687.50	1.96	2.62	0.63

5. 사료계수

연구소 실험수조에서 실험기간동안 사료계수는 0.54~3.24 범위로 처리구와 대조구가 유사하거나 미미한 차이를 보였으나 대체로 처리구의 사료계수가 낮았다(Table 6). 처리구에 있어서는 처리구 B가 다소 낮아 우수한 사육결과를 보였다. rBST 처리 기간동안의 사료계수는 처리구가 대조구보다 0.07~0.10 더 낮았다(Table 8). rBST 처리가 끝난후 수온이 높은(14.25~25.39℃) 기간 동안은 처리구와 대조구의 사료계수가 유사하였으나, 수온이 비교적 낮은(10.80~14.25℃) 기간의 사료계수는 대조구가 1.69로 처리구가 대조구 보다 0.25~0.45 더 낮았다.

양식장 대형수조에서의 사료계수는 0.67~5.51 사이로 대조구의 사료계수가 높은 12월 22일을 제외하고는 처리구 A나 C의 사료계수가 높았으며(Table 7), 처리구 B가 실험 전반에 걸쳐 좋은 결과를 보였다.

6. 비만도

실험전반에 걸쳐 모든 시험구에서 뚜렷한 비만도(CF)의 증감은 없었다(Fig. 7). 양식장의 대형수조로 옮긴 것에서는 Fig. 8에서와 같이 8월 4일부터 비만도가 점차 감소하여 9월 29일에 최저값을 보였다가 다시 증가하였다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 새로운 서식환경에의 적응과 어병에 의한 것으로 이후로는 Fig. 7과 같이 CF의 더 이상의 증가는 없었다. 또한 실험전반에 걸쳐 처리구와 대조구간에 뚜렷한 비만도의 차이는 없었으나, 실험이 종료된 후 시험구별 전 sample에 대한 비만도는 A 처리구 0.98 ± 0.11 , B 처리구 0.99 ± 0.11 , C 처리구 0.99 ± 0.12 으로 처리구간에는 유의차가 인정되지 않았으나(Table 9), 대조구 D는 0.97 ± 0.11 로 모든 처리구들과 유의성이 인정되었다($P < 0.05$). 반면, 양식장 대형수조에서의 CF는 시험구간에 유의차가 인정되지 않았다($P > 0.05$)(Table 10).

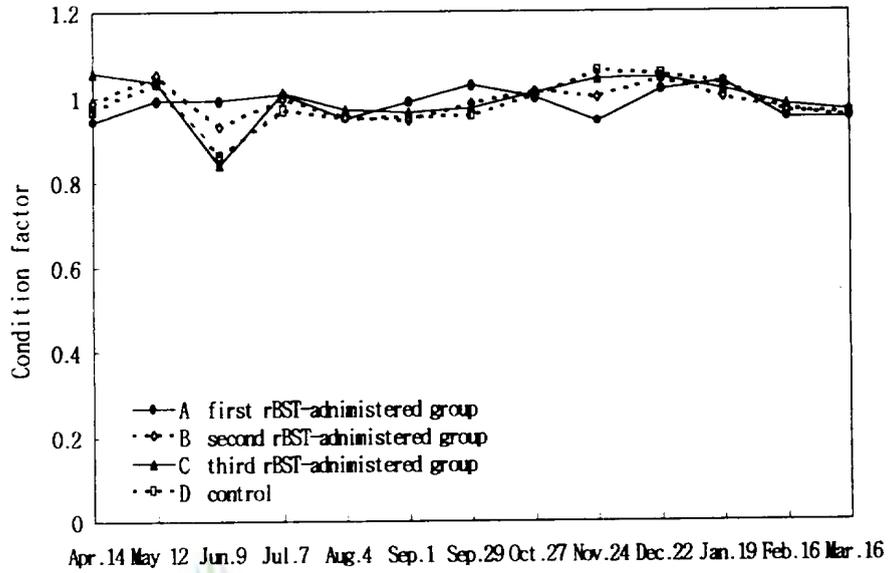


Fig. 7. The condition factor(CF) observed for flounder over the course of the experiment in the Marine Research Institute, Cheju National University.

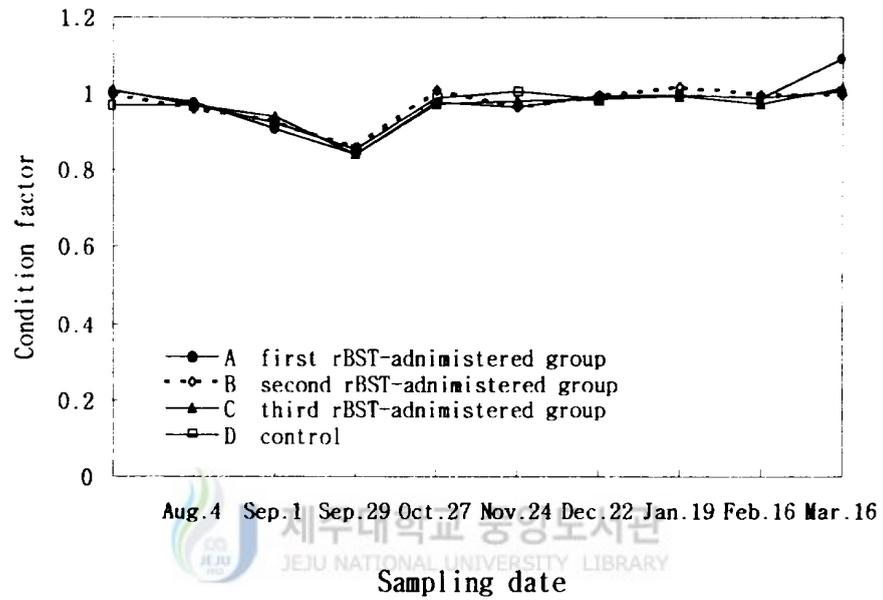


Fig. 8. The condition factor(CF) observed for flounder over the course of the experiment in the nursery.

7. 생존율

실험 개시때 수조당 1000미씩 수용하였으나 성장에 따른 과밀도로 7월 8일부터 수조당 300미씩 수용하였다. 따라서 시험수조에서의 생존율을 구분하여 Table 9에 나타내었다. 1차 사육기인 4월 14일부터 7월 7일까지의 생존율은 BST를 1차 투여한 처리구 A가 98.93%으로 가장 높았고, 그 다음으로 1, 2차 투여한 처리구 B, 1, 2, 3차투여한 처리구 C 순으로 각각 98.42%, 97.70%로 비교적 높았다. 반면, 대조구는 93.11%로 가장 낮았다. 2차 사육기인 7월 8일부터 97년 3월 16일까지의 생존율은 A 처리구 92.67%, B 처리구 91.33%, C 처리구 86.67%, 대조구 D 80.00%로 이전의 생존율 보다 다소 떨어졌으나 같은 양상을 보였으며, 대조구의 생존율은 처리구 보다 3.16~5.98% 낮았다.

양식장 대형 수조에서의 생존율은 대형수조로 옮겼을때의 스트레스와 어병으로 인한 대량 폐사로 해양연구소의 각 실험수조에 비하여 생존율이 낮았으나 각 실험구별 생존율은 앞에서와 같은 경향을 보였다(Table 10).



Table 8. Feed coefficient, mean daily feeding rate, mean daily growth rate during the treatment of rBST period and post-treatment period in different treatment groups in the Marine Research Institute, Cheju National University

	Exp. No.	Treatment period	Post-treatment period	
		Apr.14~Aug.4 (14.52~25.39℃)	Aug.5~Nov.24 (14.25~25.39℃)	Nov.25~Mar.16 (10.80~14.25℃)
Mean daily feeding rate(%)	A	1.06	1.05	0.56
	B	1.04	1.04	0.56
	C	1.08	1.10	0.59
	D	1.19	1.11	0.59
Feed coefficient	A	0.65	0.90	1.24
	B	0.63	0.89	1.39
	C	0.66	0.96	1.44
	D	0.73	0.94	1.69
Mean daily growth rate(%)	A	2.53	1.29	0.28
	B	2.57	1.29	0.25
	C	2.58	1.28	0.25
	D	2.51	1.29	0.21

Table 9. Survival rate, condition factor and mean daily growth rate of flounder treated differently administration frequency of RBST at end of experiment in the Marine Research Institute, Cheju National University*

Experimental No.	Initial		Final		Survival rate (%)			Condition factor	Mean daily growth rate(%)
	Mean ± SD	BW(g)	Mean ± SD	BW(g)	Apr. 14 ~ Jul. 7	Jul. 8 ~ Mar. 16			
A	8.84 ± 0.33 ^a	7.05 ± 0.79 ^a	39.23 ± 2.50 ^a	655.87 ± 95.42 ^a	98.93	92.67	0.98 ± 0.11 ^a	1.36	
B	8.66 ± 0.42 ^a	6.96 ± 0.85 ^a	38.79 ± 1.76 ^a	664.29 ± 98.72 ^a	98.42	81.33	0.99 ± 0.11 ^a	1.37	
C	8.47 ± 0.33 ^d	6.97 ± 0.90 ^a	38.72 ± 1.65 ^a	650.99 ± 88.95 ^a	97.70	76.67	0.99 ± 0.12 ^a	1.36	
D	8.75 ± 0.44 ^b	7.05 ± 1.07 ^a	37.93 ± 1.77 ^b	603.54 ± 94.44 ^b	93.11	70.00	0.97 ± 0.11 ^b	1.33	

* Values (mean of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

Table 10. Survival rate, condition factor and mean daily growth rate of flounder treated differently administration frequency of rBST at end of experiment in the nursery*

Experimental No.	Initial		Final		Survival rate(%)	Condition factor	Mean daily growth rate(%)
	TL(cm)	Mean ± SD BW(g)	TL(cm)	Mean ± SD BW(g)			
A	21.43 ± 1.21 ^a	108.44 ± 16.53 ^a	39.93 ± 2.19 ^b	801.82 ± 128.97 ^a	76.45	0.97 ± 0.11 ^a	1.00
B	21.24 ± 0.96 ^a	103.62 ± 19.43 ^{ab}	41.73 ± 1.96 ^a	841.06 ± 124.98 ^a	74.33	0.97 ± 0.10 ^a	1.03
C	21.40 ± 1.15 ^a	106.96 ± 16.93 ^a	41.11 ± 1.69 ^a	816.46 ± 119.93 ^a	73.63	0.96 ± 0.09 ^a	1.00
D	20.69 ± 1.39 ^b	97.33 ± 19.56 ^b	39.99 ± 2.26 ^b	745.54 ± 143.92 ^b	70.47	0.97 ± 0.13 ^a	0.99

* Values (mean of two replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

IV. 고 찰

성장촉진제의 사용 시기에 대하여 Danzmann 등(1990)은 큰 어류와 작은 어류의 GH 자극에 대한 반응이 다르며, 큰 어류일수록 성장률이 낮기 때문에, GH 투여는 신진대사를 증가 시키며, 따라서 성장률은 촉진될 것이라고 보고하였다. 그러나 이 연구에서는 5g 때 rBST 1차 투여 후 2차 투여기 전까지의 체중에 대한 평균 일간성장률은 A : 2.60%, B : 2.53%, C : 2.60%였다. 넙치가 20~30g 되었을 때 처리구 B와 C에만 rBST를 제 2차 투여하였는데 2차 투여에서 3차 투여 전까지의 평균 일간성장률은 각각 2.88%, 2.93%, 3.00%로 처리구 B, C가 급격한 성장을 보인 반면, 100g이 되었을 때 처리구 C에만 제 3차 투여하여 투여 후 1달까지 평균 일간성장률은 각각 1.89%, 2.01%, 1.89%로 오히려 처리구 B가 C보다 성장률이 높았다. rBST 처리 이후에도 처리구 B가 C보다 비교적 일간성장률이 높아 제 3차 투여의 효과는 비교적 적었다. 전 실험기간의 체중 성장에 있어서 처리구간에 유의성은 인정되지 않았으나, 처리구 B가 다른 처리구들에 비해 나은 성장을 보였다(Fig. 5, 6). 또한 월별 사료계수와 rBST 처리 기간, 처리후 기간의 사육결과에서도 처리구 C보다 우수한 결과를 보였다(Table 6, 7, 8). 따라서 rBST를 1, 2차 투여한 경우가 rBST에 대한 반응이 더 컸으며, 100g 때 제 3차 처리한 처리구에서는 오히려 rBST의 반응이 낮아 다른 연구들과 상반된 결과를 얻었다. 따라서 어종에 따라서 적정 투여시기가 다른 것은 종의 특유의 성장기와 관계가 있는 것으로 추정되지만, 이 연구에서는 비교적 초기성장단계를 중심으로 연속적인 처리를 하였기 때문에 첫처리 시기를 좀 더 성장한 200g 이상에서 별도로 처리하여 연구 검토하는 시험이 보완되었으면 하는 아쉬움이 남는다.

Cavari 등(1993)은 사람과 소의 GH을 해산어인 황금머리돔(gilthead seabream, *Sparus aurata*)에 적용하여 15%의 성장효과를 가져왔고, Heo 등(1996)도 recombinant bovine somatotropin을 넙치에 투여하여 현저한 성장효과가 있었다고 보고하였다. 이 연구에서도 실험이 종료되었을 때, 실험

수조의 경우 처리구가 대조구 보다 7.86~10.07%(47.45~60.75g)의 높은 체중 성장을 보였으며, 양식장의 대형수조에서도 처리구가 대조구 보다 7.55~12.80%(56.30~95.52g)의 현저한 체중 성장을 보였다. 그러나 처리구간에는 유의차가 인정되지 않았다($P>0.05$). Heo 등(1996)은 무지개 송어를 비롯한 이스라엘 잉어, 뱀장어, 넙치를 대상으로 rBST 처리구와 대조구간의 성장 차이를 조사한 결과 무지개 송어는 1회 투여한지 1~2주, 이스라엘 잉어의 경우는 3~4주, 뱀장어는 1~2주, 넙치는 3~4주부터 현저하게 나타났다고 보고 하였다. 그러나, 이 연구에서는 1차(4회 투여) 투여한지 4주후부터 체중의 성장에서 처음으로 차이가 인식되었다($P<0.05$).

Komourdjian 등(1976)은 돼지의 GH를 무지개 송어에 투여하였을 때 비만도의 명백한 증가는 없었다고 설명하였으며, bGH를 은연어에게 투여한 후 CF가 현저히 감소되었다는 보고가 있다(Higgs *et al.*, 1975, 1976, 1977, ; Markert *et al.*, 1977 ; Gill *et al.*, 1985 ; Down *et al.*, 1988, 1989). Danzmann 등(1990)은 bGH와 rtGH를 투여하였을 때 무지개 송어의 CF는 둘다 감소하였으나, rtGH가 적게 감소한다는 결과를 얻어냈다. 흥미롭게도 Agellon 등(1988)은 rtGH를 투여한 무지개 송어에서 CF가 증가했다고 보고하였고, Higgs 등(1978)은 북태평양산 대형연어의 뇌하수체 추출물이 은연어의 CF를 증가 시켰다고 보고하였다. 이러한 효과는 아마도 추출물에 체중증가를 자극하는 역할을 하는 다른 호르몬이나 releasing factor가 있기 때문인 것으로 보고있다(Danzmann *et al.*, 1990).

이 연구에서는 모든 시험구에서 뚜렷한 비만도(CF)의 증감은 없었으며, 모두 유사한 양상을 보였다. 또한 처리구와 대조구간에 뚜렷한 비만도의 차이가 없어 Komourdjian 등(1976)의 보고와 일치되고 있다.

양식장에서 초기의 CF감소와 그 후 얼마간의 증가는 연구소에서 옮겨 오면서 모든 어류에 나타난 스트레스와, 어병, 그 후 새로운 수계에 대한 적응과 어병 치유에 기인한 것으로 보이며, 실험이 종료될 때 까지 더 이상의 증가는 없었다. 따라서 이제까지의 결과는 연구자와 대상어종, 연구방법, 조건 등에 의하여 서로 다른 결과들이 보고되고 있어 앞으로 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Danzmann 등(1990)은 수온을 높혀 사육한 무지개 송어에서는 bGH, rtGH의 성장 촉진 능력을 제한한다는 것을 증명하였다. 연어계 어류를 온수온에서 혹은 거의 비슷하게하여 사육하면, GH 투여가 성장률에는 별 영향이 없지만, 비축된 에너지를 활성화 할 수 있게 재배치함으로써 다른 생리학적인 과정을 변화시킬 수 있다. 고수온에서 사육한 무지개 송어에서도 GH 투여가 성장률 보다 생식선과 다른 신진대사 작용에 크게 영향을 미쳤다고 보고하였다. 즉, 여분의 에너지가 유용할때만 체중 증가를 자극하기 때문에 rtGH, bGH 투여는 오직 저수온에서 사용했을 때만이 효과적으로 성장을 자극한다고 하였다. 그리고 성장향상을 위한 외인성 성장호르몬(GH)의 효과에 관한 대부분의 연구결과가 성장에 적합한 높은 수온 보다는 낮은 수온에서 성장이 증가하였다고 보고하였다.

이 연구에서도 처리기간과 수온별로 묶어서 rBST의 영향을 보았을 때 처리기간에는 처리구가 대조구보다 일간성장률, 사료계수, 일일 먹이 섭취량 모두 우수하게 나타났지만, 처리후 기간중 14.25~25.39℃로 수온이 높은 기간에는 시험구 간에 차이가 없었다(Table 8). 반면, 수온이 낮은(10.80~14.25℃) 기간에는 처리구의 사료계수가 대조구보다 0.25~0.45% 낮았으며, 일간 성장률도 대조구가 처리구 보다 낮았다. 따라서 rBST 처리가 끝난후 성장 효과는 수온이 높을 때 보다는 낮을 때 더욱 효과가 있었다.

각 처리구에 있어서 생존율은 rBST 투여된 횟수에 따라 낮아지는 경향을 보이고 있으나, Heo 등(1996)이 아급성 독성실험 결과에 의하면 100, 200mg/kg/day를 사료에 혼합하여 30일간 투여한후 60일간 섭이, 성장, 폐사 상황 등을 관찰한 결과 모든 어종에서 폐사 개체는 물론 아무런 이상을 발견할 수 없었다. 또한 반수생존농도(TLm_{48h})는 넙치의 경우 2,000 ppm 이상이었고, 성어의 경우 1,000ppm 이하에서는 폐사 개체가 전혀 없었으며, 외관상 또는 임상증상에 있어 이상 소견이 관찰되지 않는 결과를 얻었다. 따라서 이러한 결과는 투여 횟수와는 전혀 상관이 없는 것으로 보이며, 투여하기 전날 각 수조에서 행해졌던 어체측정과 과밀도에 의한 수용미수의 재배치에 있어서 수반된 handling에 의한 스트레스의 누적 때문이 아닌가 추측될 뿐 그 정확한 원인은 알 수 없었다.

이상의 결과들로 미루어 볼 때 rBST는 해산어인 넙치에 있어서 성장 효과가 인정되었고, 신진대사 값이 비교적 낮은 저수온에서 그 효과는 더 확실하였다. 또한 rBST 투여 횟수는 1, 2차 투여했을 때가 가장 효과가 큰 것으로 나타났다. 따라서, 자연해수를 이용하여 사육을 하거나, 적수온내에서 사육수온이 비교적 낮을 때 BST를 이용한다면, 성장촉진 효과와 더불어 출하시기를 앞당길 수 있고, 난방비의 절약으로 생산비의 절감을 가져올 수 있어 경제적으로 큰 이익을 가져올 것으로 기대되나, 산업적으로 이용이 가능하려면 상품 단가의 절충이 먼저 이루어져야 할 것이다. 한편, 각기 다른 어류들은 다른 종류의 성장 호르몬에 다르게 반응하므로(Cavari *et al.*, 1993), 앞으로 성장호르몬을 양식에 널리 이용하려면 우선 여러 가지의 성장호르몬을 다른 해산 어류에 적용하는 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.



V. 요약

소의 뇌하수체에서 생성되는 단백질계 호르몬인 BST를 유전자 재조합 기술로 생산된 rBST를 이용하여 해산어류인 넙치의 성장 효과를 조사하였다. 넙치의 성장에 따른 적정 투여시기와 적정 투여량을 알기위하여 성장 단계별로 체중 5g 일때 1차투여한 시험구 A와 체중 20~30g 일때 2차에 걸쳐 투여한 시험구 B, 체중 100g 일때 3차에 걸쳐 투여한 시험구 C와 전혀 투여하지 않은 대조구 D로 나누어 비교하였다. rBST 1kg어체중당 투여량은 20mg으로 각 차별 투여회수는 1주일 간격으로 4회에 걸쳐 하였다. 사육기간은 1996년 4월 14일부터 1997년 3월 16일까지 약 1년동안이며 실험어의 성장에 따라 사육수조의 과밀현상으로 인해 1996년 7월 8일부터 사육 밀도를 재조정하여 2차사육으로 나누어서 실시하였다.

1. 대조구와 처리구간의 성장의 차이는 rBST 1차(4회 투여) 투여한 4주후 (6월 9일)부터 나타나기 시작하였다(Table 4).
2. 처리구중 B가 비교적 성장효과가 좋아 실험기간동안 대조구와 확실한 유의성을 보였으며 사육결과도 다른 처리구에 비해 우수하였다.
3. 평균어체중이 5g일 때 rBST 1차투여부터 2차 투여전까지 평균 일간성장률은 A : 2.60%, B : 2.53%, C : 2.60%, 20~30g 되었을 때 2차투여에서 3차 투여 전까지의 평균 일간성장률은 각각 2.88%, 2.93%, 3.00%로 처리구 B, C가 급격한 성장을 보인 반면, 100g 일때 3차 투여한후 한달 까지 평균일간성장률은 각각 1.89%, 2.01%, 1.89%로 오히려 처리구 B가 C보다 성장률이 높아 1, 2차 투여한 처리구 B가 가장 효과가 좋았다.

4. rBST 투여가 끝난후 비교적 수온이 낮은 기간에 rBST 효과가 더 있었다.
5. 실험 종료시 실험수조에서 처리구가 대조구보다 7.86~10.07%(47.45~60.75g)의 높은 체중 성장효과를 보였으며($P<0.05$), 양식장 대형수조에서도 처리구가 대조구 보다 7.55~12.80%(56.3~95.52g)의 체중 성장효과를 보였으나($P<0.05$), 처리구간에는 유의차가 인정되지 않았다.
6. 실험수조에서 1차 사육기의 생존율은 A(98.93%), B(98.42%), C(97.70%), 대조구 D(93.11%) 순으로 처리구의 생존율이 대조구보다 4.59~5.82% 높았다. 2차 사육기의 생존율도 A 92.67%, B 91.33%, C 86.67%, 대조구 D 80.00%로 처리구의 생존율은 대조구보다 3.16~5.98% 낮았다. 양식장 대형 수조에서의 생존율은 A 76.45%, B 74.33%, C 73.63%, 대조구 D 70.47%였다.

V. 참고문헌

- Agellon, L.B., C.J. Emery, J.M. Jones, S.L. Davies, A.D. Dingle, and T.T. Chen, 1988. Promotion of rapid growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) by a recombinant fish growth hormone. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 146 - 151.
- Bewely, T.A. and C.H. Li, 1972. Molecular weight and circular dichroism studies of bovine and ovine pituitary growth hormones. *Biochemistry.*, 11: 927 - 931.
- 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. Scharl, 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.
- Cook, H., A.F. Cook and R.E. Peter, 1983. Ultrastructure and immunocytochemistry of growth hormone cell in the goldfish pituitary gland. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 50: 348 - 353
- Danzmann, R.G., G.J. Van Der Kraak, T.T. Chen and D.A. Powers, 1990. Metabolic effects of bovine growth hormone and genetically engineered rainbow trout growth hormone in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at a high temperature. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47, 1292 - 1301.
- 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(2): 141 - 155.
- Down, N.E., E.M. Donaldson, H.M. Dye, T.C. Boon, K.E. Langley and L.M. Souza, 1989. A potent analog of recombinant bovine somatotropin accelerates growth in juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: in press.
- Gill, J.A., J.P. Sumpter, E.M. Donaldson, H.M. Dye, L. Souza, T. Berg, J. Wypych and K. Langley, 1985. Recombinant chicken and bovine growth hormones accelerate growth in aquacultured juvenile Pacific salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Bio/technology*, 3: 643 - 646.
- Heo, G.J., B.S. Chang, H.S. Jeh, H.K. Lee and Y.T. Ji, 1996. A study of efficacy and toxicity of recombinant bovine somatotropin (BST) in cultured fish. *Kor. J. Vet. Publ. Hlth.*, 20(3): 219 - 229.
- Higgs, D.A., E.M. Donaldson and H.M. Dye 1975. A preliminary investigation of the effects of bovine growth hormone on growth and muscle composition of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 27: 240 - 253.
- Higgs, D.A., E.M. Donaldson and H.M. Dye, 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*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 33: 1585 - 1603.
- Higgs, D.A., U.H.M. Fagerlund and J.R. McBride, 1977. Influence of combination of bovine growth hormone, 17-methyltestosterone and L-thyroxine on growth of yearling coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Zool.*, 55: 1048 - 1056.
- Higgs, D.A., E.M., Donaldson and J.R. McBride, 1978. Evaluation of the

- potential for using a chinook salmon(*Oncorhynchus tshawytscha*) pituitary extract versus bovine growth hormone to enhance the growth of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Zool.*, 56: 1226 - 1231.
- 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.
- Jang, S.I., H.W. Kang and H.K. Han, 1996. Embryonic, Larval and Juvenile Stages in yellow puffer, *Takifugu obscurus*. *Journal of Aquaculture*, 9(1): 11 - 18.
- Jo, J.Y., R.O. Smitherman and D. Tave, 1995. Effect of Six levels of dietary 17 α -Methyltestosterone on sex reversal and growth of *Oreochromis aureus*(Steindachner) and *O. niloticus*(Linnaeus). *Journal of Aquaculture*, 8(2): 77 - 83.
- Kang, Y. D. and Y. J. Jang, 1996. 감성돔, *Acanthopagrus schlegel* 치어의 성장과 생존에 미치는 외인성 3,5,3'-triiodo-L-thyronine(T₃)의 효과. *Journal of Aquaculture*, 9(3): 215 - 222.
- Kawauchi, H., S. Moriyama and T. Hirano, 1992. Oral administration of recombinant salmon growth hormone to rainbow trout. *Oceanis*, 18: 109 - 120.
- Komourdjian, M.P., R.L. Saunders and J.C. Fenwick, 1976. The effect of porcine somatotropin on growth and survival in seawater of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. *Can. J. Zool.*, 54: 531 - 535.
- Leatherland, J.F. and R.N. Nuti, 1981. Effects of bovine growth hormone on plasma FFA concentration and liver, muscle and carcass lipid content in rainbow trout. *J. Fish. Biol.*, 19: 487 - 498.

- Li, C.H., 1982. Human growth hormone:1974 - 1981. *Mol. Cell. Biochem.*, 46, 31-41.
- Market, J.R., D.A. Higgs and H.M. Dye, 1977. Influence of bovine growth hormone on growth rate, appetite and food conversion of yearling coho salmon(*Oncorhynchus kisutch*) fed two diets of different composition. *Can. J. Zool.*, 55: 74 - 83.
- Santome, J.A., J.M. Dellacha and A.C. Paladini, 1973. Primary structure of bovine growth hormone. *Eur. J. Biochem.*, 37, 164 - 170.
- 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.
- Schulte, N.E., P.M. Down, E.M. Donaldson and L.M. Souza, 1989. Experimental administration of recombinant bovine growth hormone to juvenile rainbow trout (*Salmo gairdneri*) by injection or by immersion. *Aquaculture*, 76: 145 - 156.
- 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. Physiol.*, 157B: 753 - 758.
- Suzuki, Y., M. Kobayashi and O. Nakamura, 1988b. Induced ovulation of the goldfish by oral administration of salmon pituitary extract. *Aquaculture*. 74(1/2): 37 - 384.
- Wallis, M., 1973. The primary structure of bovine growth hormone. *FEBS Lett.*, 35: 11 - 14.
- Wagner, G.F., R.C. Fager and J.C. Brown, 1985. Further characterization of growth hormone from the chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Gen. Comp. 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.

Yoon, G.H., 1994. Economical benefits of high density culture of sex reversed all male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the closed recirculating culture system. *부산수산대학교 석사학위 논문*, 8 - 9



감사의 글

석사과정 2년동안 실수투성이었던 저를 학문의 길로 이끌어주시고, 이
한권의 논문이 나오기까지 정성으로 세심하게 지도해주신 지도교수 노섭
선생님께 깊은 감사를 드립니다.

논문이 완성되기까지 지도해 주신 이정재 선생님, 송춘복 선생님께 감
사드리고, 또한 항상 관심과 조언을 해주신 정상철 선생님, 이기완 선생님,
이영돈 선생님과 통계처리에 있어서 많은 도움을 주신 최광식 선생님께 깊
은 감사를 드립니다.

실험을 하는데 있어 많은 도움을 준 어류양식연구실 식구들(김원평, 오
판근, 김신권, 김성훈, 김완진, 김정희, 이태훈, 고영수), 해양연구소 실원,
특히, 사육하는데 있어서 애를 많이 써준 김병호 선배, 논문정리에 있어 도
움을 준 홍성완에게 고마움을 전하며, 옆에서 많은 충고와 격려를 해주신
대학원 선후배님들께도 감사의 마음을 드립니다.

마지막으로 끝없는 사랑으로 보살펴주시고, 걱정해주신 부모님과 가족
들에게 작지만 소중한 이 결실을 바칩니다.

