



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

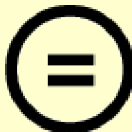
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

수산학석사 학위논문

수온과 먹이공급횟수가 산천어의 성장에 미치는 영향



2009년 2월

부경대학교 산업대학원

수산양식학과

김 옥 신

수산학석사 학위논문

수온과 먹이공급횟수가 산천어의 성장에 미치는 영향

지도교수 조 재 윤

이 논문을 수산학석사 학위논문으로 제출함.



2009년 2월

부경대학교 산업대학원

수산양식학과

김 옥 신

김옥신의 수산학석사 학위논문을 인준함

2009년 2월 25일



주 심 영양학박사 배 승 철



위 원 수산학박사 오 승 용



위 원 이 학 박 사 조 재 윤



목 차

Abstract	iii
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
1 실험어 및 사육관리	3
2 실험사료 및 실험설계	3
3 어체측정	5
4 성분분석	5
5 통계처리	5
III. 결 과	6
1 실험 1 : 수온 11℃에서 산천어의 적정사료 공급횟수설정	6
2 실험 2 : 수온 14℃에서 산천어의 적정사료 공급횟수설정	12
IV. 고 찰 및 결 론	20
V. 요 약	23

VI. 감사의 글	24
-----------	----

VII. 참고문헌	25
-----------	----



Effects of feeding frequency and water temperature
on the growth of masou salmon, *Onchorhynchus*
masou ishikawae

Ok-Sin Kim

*Department of Fisheries Biology, Graduate School,
Pukyong National University*

ABSTRACT

A 10-weeks feeding trial was conducted to determine the optimum feeding frequency for growth and body composition of juvenile masou salmon *Onchorhynchus masou ishikawae* at different water temperatures. Three replicate groups of fish(initial mean weight of 8.3g) were fed to satiation at one of five feeding frequencies(one, two, three, four or five meals per day) under two different temperatures(11°C and 14°C). At 11°C, weight gain, specific growth rate and protein efficiency ratio of fish fed the each of 3 and 4 meals daily with satiation was the highest among treatments, but was not significantly different to that of fish fed

the diets 2 and 5 meals daily with satiation feeding. Feeding efficiency of fish fed the each of 1 and 2 meals daily with satiation at 11°C was the highest among treatments, but was not significantly different to that of fish fed the diets 3 meals daily. Feeding efficiency of fish fed the each of 1, 2, 3 and 4 meals daily with satiation at 14°C was higher than 5 meals daily. At 14°C, weight gain, specific growth rate and protein efficiency ratio of fish fed 4 meals daily with satiation was the highest among treatments, but was not significantly different to that of fish fed the diets 2, 3 and 5 meals daily with satiation feeding. Feeding efficiency of fish fed the each of 1, 2, 3 and 4 meals daily with satiation at 14°C was the higher than 5 meals daily. Weight gain, specific growth rate, feed efficiency, protein efficiency rate at 11°C were higher than at 14°C.

Whole body contents of crude protein, crude lipid and ash were not significantly affected by feeding frequency. These results indicate that optimum and economical feeding frequency is 2 meals a day for the optimum growth of juvenile masou salmon grown from 8 to 25 g under the experimental conditions.

I. 서 론

산천어는 연어, 송어, 은연어 및 곱사연어 등과 함께 연어과에 속하는 어류로서, 태평양에 서식하는 연어속, *Oncorhynchus* 어류에는 연어, 곱사연어, 은연어 등 12종이 있으며(Kendal, 1988), 우리나라에는 7종이 기재되어 있다(정, 1977 ; 김과 박, 2002). 현재 우리나라 하천에 서식하거나 하천으로 회귀하는 연어속 어종은 연어, 무지개송어 그리고 산천어(시마연어 포함) 3종뿐이다. 산천어의 학명은 *Oncorhynchus masou*로서 이 중 시마연어는 산천어의 강해형(降海型, *O. masou masou*)이고 흔히 산천어라 하면 육봉형(陸封型, *O. masou ishikawa*)을 말한다. 우리나라에서는 울진이북의 동해로 유입하는 하천에 분포한다(정, 1977 ; 김과 박 2002).

산천어는 무지개송어(*Onchorhynchus mykiss*)와 함께 내수면의 대표적 냉수성 양식어류로 최근 무지개송어 양어장에서 사용된 발암 의심 물질인 malachite green 사용으로 인해 소비량이 급감한 무지개송어를 대체하기 위한 양식 대상종으로서 산천어 양식이 주목 받고 있다. 또 강원도 화천에서는 '화천 산천어축제'를 성공적으로 개최함으로써 관광객의 유치와 지역경제 발전에 이바지하는 경제적 효과뿐 만이 아니라, 산천어 양식에 대한 수요를 충족하여 기존 송어 양식장에서 산천어의 입식을 앞 다투고 있는 실정이다. 이와 같이 관심이 집중되고 있는 산천어로서, 현재 서식지 분포나 형태학적 연구, 어체의 질병에 관한 연구, 3배체 유도 그리고 함유성분 분석 등에 관한 연구가 있지만, 아직 산천어 사육을 위한 사료공급 기법 등에 대한 연구가 이루어지지 않고 있다.

일반적으로 어류가 건강히 성장하기 위해서는 양식장 환경, 영양 그리고 질병이 적절히 조절되어야 한다. 이 중 영양을 공급하기 위한 사료는 양식 생산 단가에서 매우 높은 비율을 차지하고 있으므로, 효율적인 양식을 위해서는 사료에 소요되는 비용을 최소화시켜야 한다. 이에 사료공급 체계를

설정하는 것은 매우 중요하고 어류에게 적절한 영양 공급과 성장을 위해서는 적절한 횡수로 공급해야 한다(Andrews and Page, 1975; Chua and Teng, 1978; Kayano et al., 2000; Dwyer et al., 2002). 또, 사료 공급횡수를 조절하면 어류의 성장 편차를 줄여 주기도 한다(Jobling, 1983; Wang et al., 1998). 일반적으로 어류가 최적의 성장이 되기 위한 적절한 사료공급횡수는 수온, 양식어의 크기, 사료물성 및 사료조성 등으로 인해 달라질 수 있으며 특히, 수온은 어류의 성장에 영향을 미치는 중요한 환경인자 중의 하나로서(Brett et al., 1969) 수온이 상승하게 되면 어류의 활동성 및 대사의 증가로 사료섭취율도 증가하게 됨으로(NRC, 1993), 사육수온에 따른 적정 사료공급 횡수 및 사료섭취율에 대한 설정은 매우중요하다.

지금까지의 연어류의 치어사육을 위한 사료공급 방법으로는 1일 3~6회의 공급이 가장 적절한 것으로 인식되어져 왔다.

따라서 본 연구는 최근 관심이 집중되고 있는 산천어의 양성 시 최대 성장을 구현하는 적정 먹이공급횡수를 파악하여 먹이 절약에 따른 경제성 제고를 위하여, 사육수온과 사료공급횡수를 달리한 조건에서 산천어의 성장을 비교하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험어 사육관리

실험어는 경상북도 민물고기연구센터에서 사육 중인 약 8 g의 산천어를 약 10톤 PVC 원형수조에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 송어상품사료를 공급하여 1주간 예비사육 하였다. 예비사육 후, 실험어는 평균무게 8.3 ± 0.1 g (mean $\pm$ SD)인 치어기 산천어를 PVC 사각수조 (30cm $\times$ 40cm $\times$ 30cm)에 각 실험구 당 10마리씩 무작위 배치하였다. 실험수조는 유수식으로 충분히 순환이 가능하도록 조절하였다. 에어스톤으로 충분히 산소를 공급하였으며, 실험기간 동안 평균 수온은 11.0 ± 0.3 °C (mean $\pm$ SD) 및 14.0 ± 0.3 °C로 전 실험기간 동안에 일정하게 유지하였다. 사육수의 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도는 0.3 ± 0.1 ppm으로 전 실험기간 동안에 일정하게 유지되었다. 일일 사료공급량은 전 실험기간 동안 횟수별 만복 공급하였으며, 사육실험기간은 10주간 실시하였다.

2. 실험사료 및 실험설계

실험사료는 상품사료(CJ Food, Incheon, Korea)를 이용하였고, 일반성분 분석 결과 조단백질, 조지방, 조회분 그리고 수분함량은 각각 $53.5 \pm 0.41\%$, $7.41 \pm 0.42\%$, $8.60 \pm 0.38\%$, $5.61 \pm 0.19\%$ 이었다.

실험 1에서는 수온 11 °C 환경에서 3반복으로 실시하였고 사료공급횟수는 각각 1일 1회(13:00h : 11-1), 2회(11:00h, 15:00h : 11-2), 3회(09:00h, 13:00h, 17:00h : 11-3), 4회(09:00h, 11:00h, 15:00h, 17:00h : 11-4), 1일 5회(09:00h, 11:00h, 13:00h, 15:00h, 17:00h : 11-5)로 설정하였다.

실험 2에서는 수온 11 °C와 동일한 방법으로 수행하였다.



Fig. 1. 실험에 사용된 상업사료

3. 어체측정

어체 측정은 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후, MS-222 (100ppm)로 마취시켜 각 수조에 수용된 실험어 전체의 무게를 측정하였다. 사육실험 종료 후, 증체율[weight gain(WG), %], 일간성장률 [specific growth rate(SGR), %/day], 단백질효율 [protein efficiency ratio(PER, %), 사료효율 [feed efficiency(FE), %] 및 생존율 (survival rate, %)을 조사하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

- Weight gain (%) : $[\text{final wt. (g)} - \text{initial wt. (g)}] \times 100 / \text{initial wt. (g)}$
- Feed efficiency (%) : $(\text{wet weight gain} / \text{dry feed intake}) \times 100$
- Specific growth rate (%/day): $(\log_e \text{ final wt.} - \log_e \text{ initial wt.}) / \text{days}$
- Protein efficiency ratio : $\text{wet weight gain} / \text{protein intake}$

4. 전어체분석

실험어의 일반성분분석은 실험 시작시 전체 중 6마리, 종료시 각 수조 별로 6마리씩 무작위로 샘플하여 분쇄한 전어체를 분석하였으며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000)방법에 따라 수분은 상압 가열건조법(135 °C, 2시간), 조단백질은 kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046 (Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

5. 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS Version 10 (SPSS, Michigan Avenue, Chicago, IL, USA) program을 사용하여 분산분석(ANOVA test)을 실시한 후, Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 실험1 : 수온 11℃에서 산천어의 적정 사료공급횟수 설정

1) 성 장

치어기 산천어에 있어 수온 11℃에서 10주간의 최종무게(Final weight, g), WG, SGR, FE, PER 그리고 생존율(Survival, %)에 대한 결과를 Table 2에 나타내었다.

최종무게의 경우, 1일 1회, 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사료공급에 따라 각각 26.4, 29.8, 31.7, 31.0 그리고 28.6g으로 나타나 3회, 4회가 1회에 비해 유의적으로 높았지만($P>0.05$), 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사이에는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

증체율의 경우, 1일 1회, 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사료공급에 따라 각각 217.3, 252.3, 282.2, 274.5 그리고 244.2%로 나타나 3회, 4회가 1회에 비해 유의적으로 높았지만($P>0.05$), 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사이에는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

사료효율의 경우, 1일 1회, 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사료공급에 따라 각각 119.5, 117.4, 112.3, 103.1 그리고 90.2%로 나타나 1회, 2회가 4회, 5회에 비해 유의적으로 높았지만($P>0.05$), 1회, 2회 그리고 3회 사이에는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 3회는 5회에 비해 유의적으로 높았지만($P>0.05$), 3회와 4회는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 4회는 5회에 비해 유의적으로 높았다($P>0.05$).

일간성장율의 경우, 1일 1회, 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사료공급에 따라 각각 1.65, 1.79, 1.91, 1.89 그리고 1.77(%/day)로 나타나 3회, 4회가 1회에 비해 유의적으로 높았지만($P>0.05$), 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사이에는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

단백질효율의 경우, 1일 1회, 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사료공급에 따라 각각 3.29, 3.83, 4.25, 4.12 그리고 3.71%로 나타나 3회, 4회가 1회에 비해

유의적으로 높았지만($P>0.05$), 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사이에는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

2) 전어체 분석

실험종료 후 11℃에서 사육된 산천어의 체조성에 대한 결과는 Table 3에 나타내었다. 전어체의 일반성분에서 조단백질, 조지방 그리고 조회분 함량은 각각 66.2, 20.4 및 8.6%로 나타났으며 각 사료구들 간에는 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$).



Table 1. Growth performance and survival of juvenile masu salmon, *Oncorhynchus masou* fed experimental diets for 10 weeks at 11°C¹

	Experimental groups					Pooled SEM ⁶
	11-1	11-2	11-3	11-4	11-5	
Initial wt. (g)	8.26	8.30	8.30	8.28	8.30	0.01
Final wt. (g)	26.4 ^b	29.8 ^{ab}	31.7 ^a	31.0 ^a	28.6 ^{ab}	0.68
WG (%) ²	217.3 ^b	252.3 ^{ab}	282.2 ^a	274.5 ^a	244.2 ^{ab}	8.08
SGR (%) ³	1.65 ^b	1.79 ^{ab}	1.91 ^a	1.89 ^a	1.77 ^{ab}	0.03
FER (%) ⁴	119.5 ^a	117.4 ^a	112.6 ^{ab}	103.1 ^b	90.2 ^c	3.29
PER (%) ⁵	3.29 ^b	3.83 ^{ab}	4.25 ^a	4.12 ^a	3.71 ^{ab}	0.27
Survival (%)	100	100	100	100	100	0

¹Values are means of triplicate groups, values in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

²Weight gain: [(final body weight - initial body weight) / initial weight] × 100.

³Specific growth rate: [(ln(final weight - initial weight) / days] × 100.

⁴Feed efficiency ratio: (wet weight gain / dry feed intake) × 100.

⁵Protein efficiency ratio (%): wet wt. gain / protein intake.

⁶Pooled standard error of mean: SD/√n.

Table 2. Whole body proximate composition of juvenile masu salmon, *Oncorhynchus masou* fed experimental diets for 10 weeks at 11°C

	Crude protein	Crude lipid (% of dry matter basis)	Crude ash
Initial	76.0	12.0	10.1
11-1	66.0	20.4	9.39
11-2	65.8	19.7	8.38
11-3	66.4	20.8	7.96
11-4	66.6	20.4	8.27
11-5	65.8	21.1	8.58
Pooled SEM ¹	0.27	0.96	0.24

¹Pooled standard error of mean: SD/ $\sqrt{n}$.

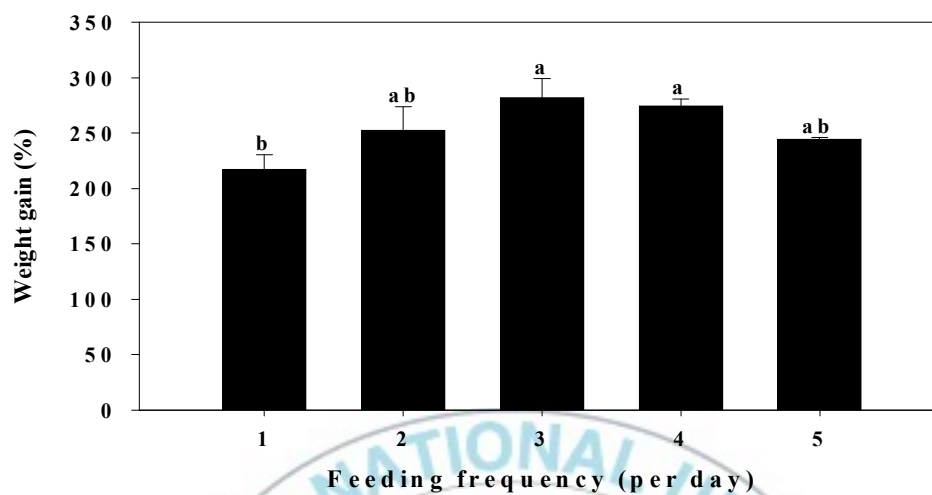


Fig.2. Weight gain (WG, %) from different frequencies at 11°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

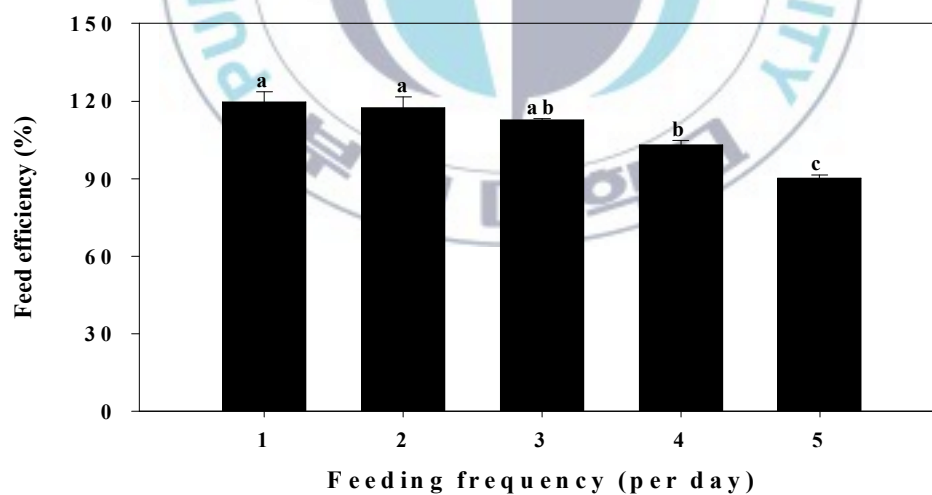


Fig.3. Feed efficiency (FE, %) from different frequencies at 11°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

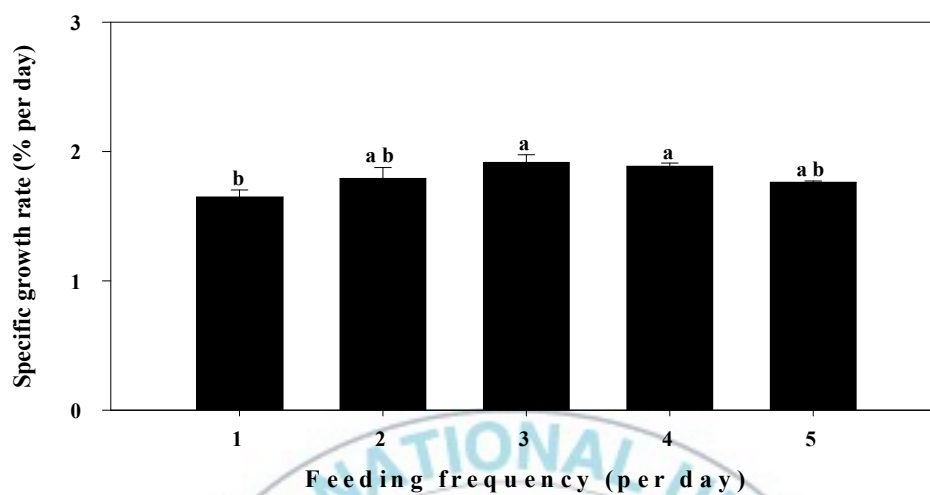


Fig.4. Specific growth rate (SGR, %) from different frequencies at 11°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

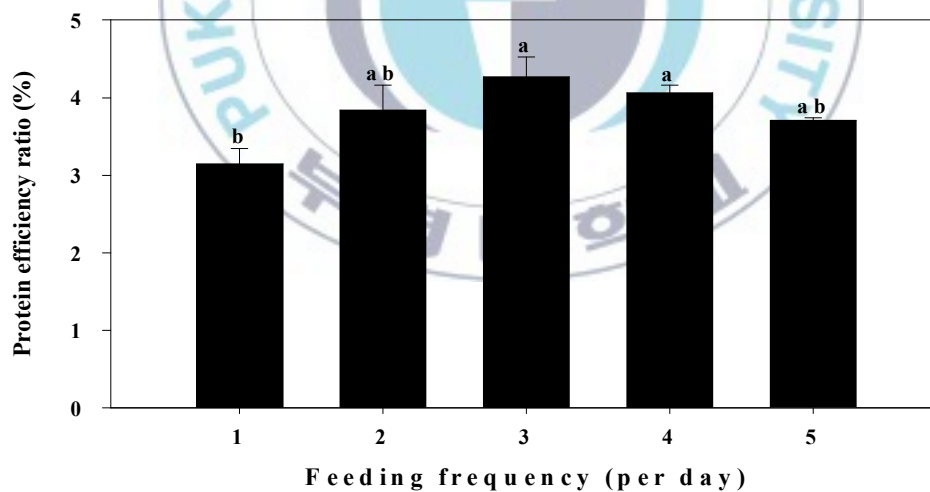


Fig.5. Protein efficiency ratio (PER) from different frequencies at 11°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

2. 실험 2 : 수온 14℃에서 산천어의 적정 사료공급횟수 설정

1) 성 장

치어기 산천어에 있어 수온 14℃에서 10주간의 최종무게(Final weight, g), WG, SGR, FE, PER 그리고 생존율(Survival, %)에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다.

최종무게의 경우, 1일 1회, 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사료공급에 따라 각각 27.6, 29.8, 29.3, 27.7 그리고 25.5g으로 나타나 4회가 1회에 비해 유의적으로 높았지만($P>0.05$), 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사이에는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

증체율의 경우, 1일 1회, 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사료공급에 따라 각각 205.3, 234.4, 253.3, 261.9 그리고 232.9%로 나타나 4회가 1회에 비해 유의적으로 높았지만($P>0.05$), 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사이에는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

사료효율의 경우, 1일 1회, 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사료공급에 따라 각각 104.1, 107.4, 102.6, 100.2 그리고 91.8%로 나타나 1회, 2회, 3회 그리고 4회가 5회에 비해 유의적으로 높았다($P>0.05$).

일간성장율의 경우, 1일 1회, 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사료공급에 따라 각각 1.59, 1.72, 1.80, 1.84 그리고 1.72(%/day)로 나타나 4회가 1회에 비해 유의적으로 높았지만($P>0.05$), 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사이에는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

단백질효율의 경우, 1일 1회, 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사료공급에 따라 각각 3.09, 3.57, 3.82, 4.00 그리고 3.53%로 나타나 4회가 1회에 비해 유의적으로 높았지만($P>0.05$), 2회, 3회, 4회 그리고 5회 사이에는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

2) 전어체 분석

실험종료 후 11℃에서 사육된 산천어의 체조성에 대한 결과는 Table 4에 나타내었다. 전어체의 일반성분에서 조단백질, 조지방 그리고 조회분

합량은 각각 65.9, 20.7 및 8.6%로 나타났으며 각 사료구들 간에는 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$).



Table 3. Growth performance and survival of juvenile masu salmon, *Oncorhynchus masou* fed experimental diets for 10 weeks at 14°C¹

	Experimental groups					Pooled SEM ⁶
	14-1	14-2	14-3	14-4	14-5	
Initial wt. (g)	8.27	8.28	8.29	8.25	8.30	0.01
Final wt. (g)	27.6	29.8	29.3	27.7	25.5	0.55
WG (%) ²	205.3 ^b	234.4 ^{ab}	253.3 ^{ab}	261.9 ^a	232.9 ^{ab}	6.80
SGR (%) ³	1.59 ^b	1.72 ^{ab}	1.80 ^{ab}	1.84 ^a	1.72 ^{ab}	0.03
FER (%) ⁴	104.1 ^a	107.4 ^a	102.6 ^a	100.2 ^a	91.8 ^b	1.73
PER (%) ⁵	3.09 ^b	3.57 ^{ab}	3.82 ^{ab}	4.00 ^a	3.53 ^{ab}	0.10
Survival (%)	100	100	100	100	100	0

¹Values are means of triplicate groups, values in the same row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

²Weight gain: [(final body weight - initial body weight) / initial weight] × 100.

³Specific growth rate: [(ln(final weight - initial weight) / days] × 100.

⁴Feed efficiency ratio: (wet weight gain / dry feed intake) × 100.

⁵Protein efficiency ratio (%): wet wt. gain / protein intake.

⁶Pooled standard error of mean: SD/√n.

Table 4. Whole body proximate composition of juvenile masou salmon, *Oncorhynchus masou* fed experimental diets for 10 weeks at 14°C

	Crude protein	Crude lipid (% of dry matter basis)	Crude ash
Initial	76.0	12.0	10.1
14-1	66.4	20.7	9.14
14-2	65.6	20.8	10.9
14-3	66.3	20.7	9.68
14-4	65.4	20.6	9.00
14-5	66.0	20.8	9.17
Pooled SEM ¹	0.29	0.98	0.24

¹Pooled standard error of mean: $SD/\sqrt{n}$.

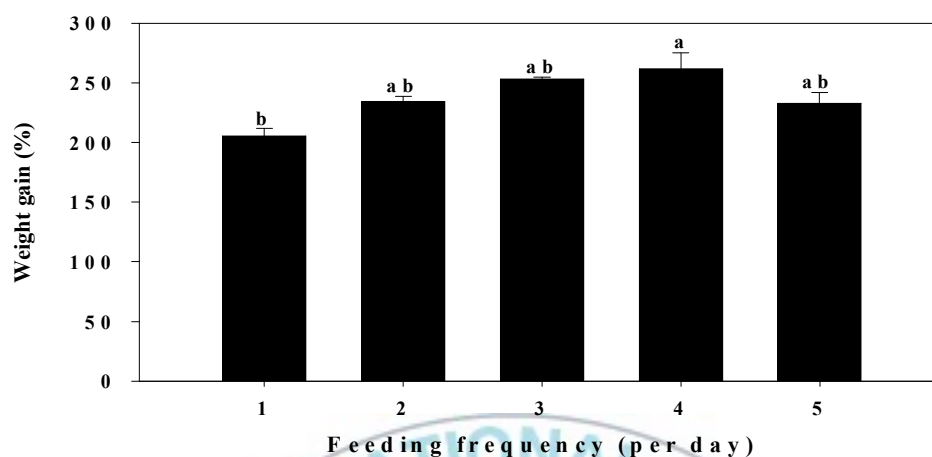


Fig.6. Weight gain (WG, %) from different frequencies at 14°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

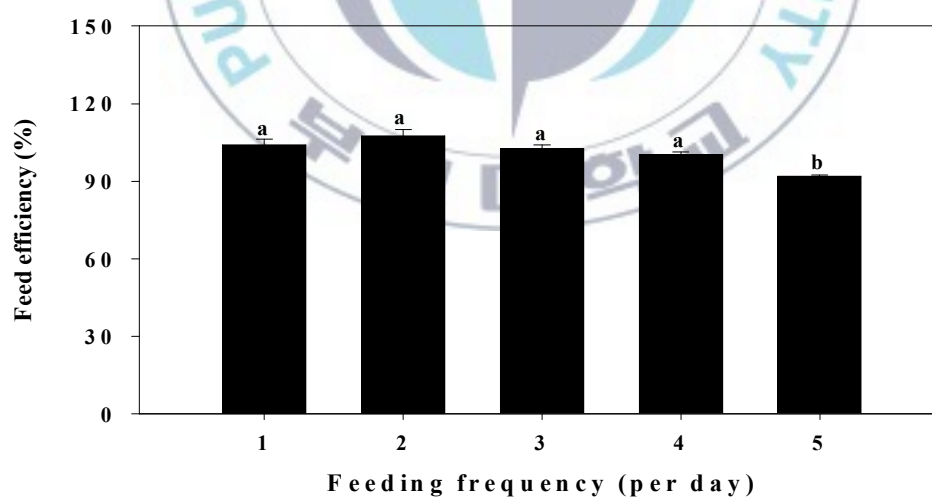


Fig.7. Feed efficiency (FE, %) from different frequencies at 14°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

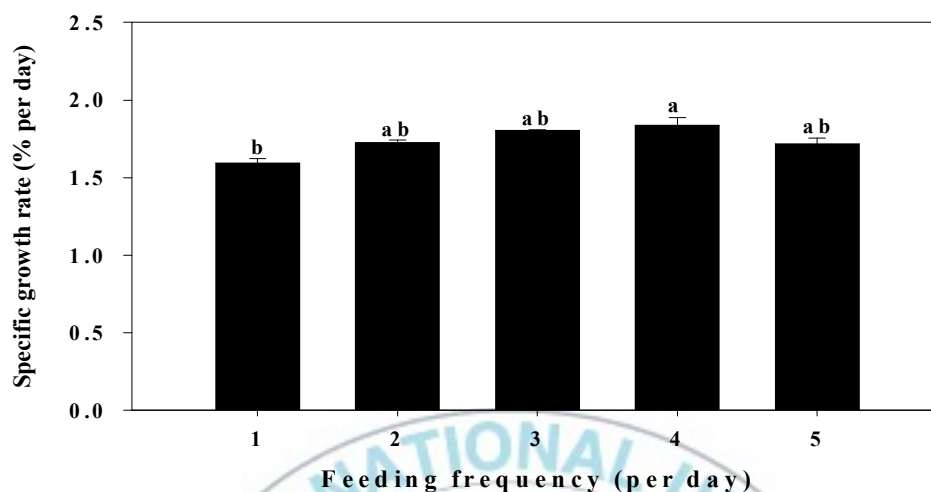


Fig.8. Specific growth rate (SGR, %) from different frequencies at 14°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

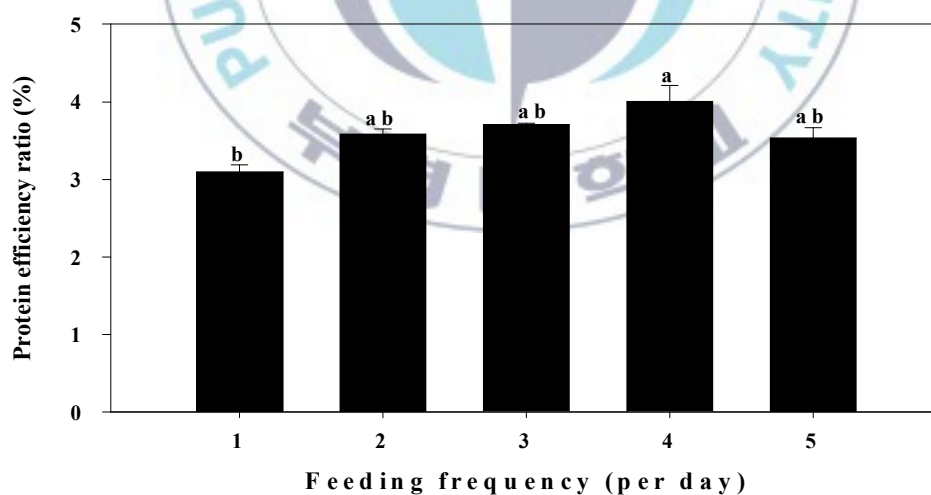


Fig.9. Protein efficiency ratio (PER, %) from different frequencies at 14°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

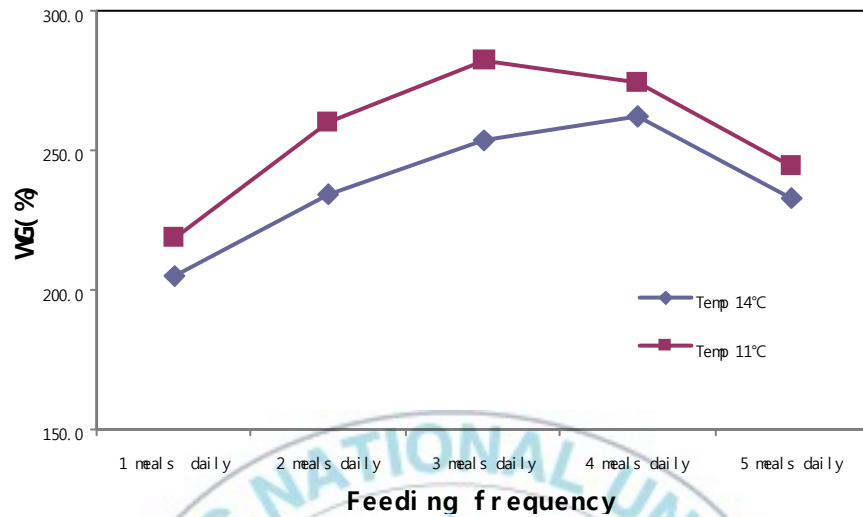


Fig.10. Weight gain (WG, %) from different frequencies at 11°C and 14°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

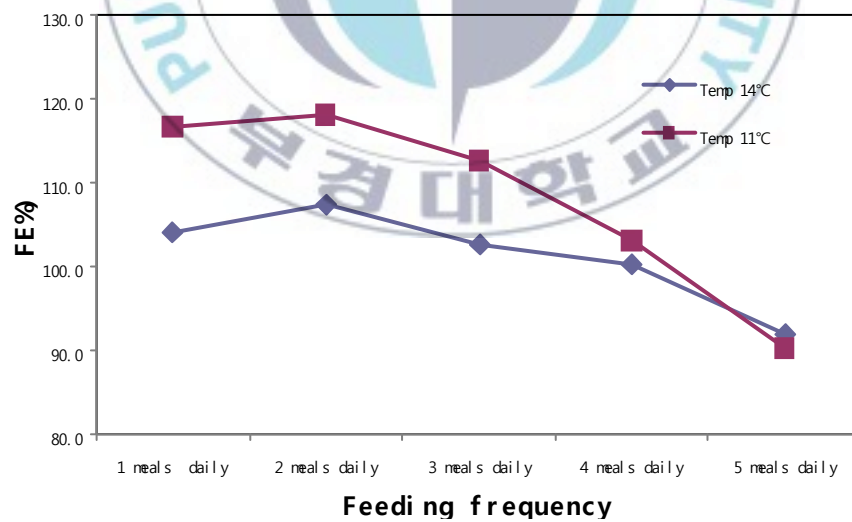


Fig.11. Feed efficiency (FE, %) from different frequencies at 11°C and 14°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

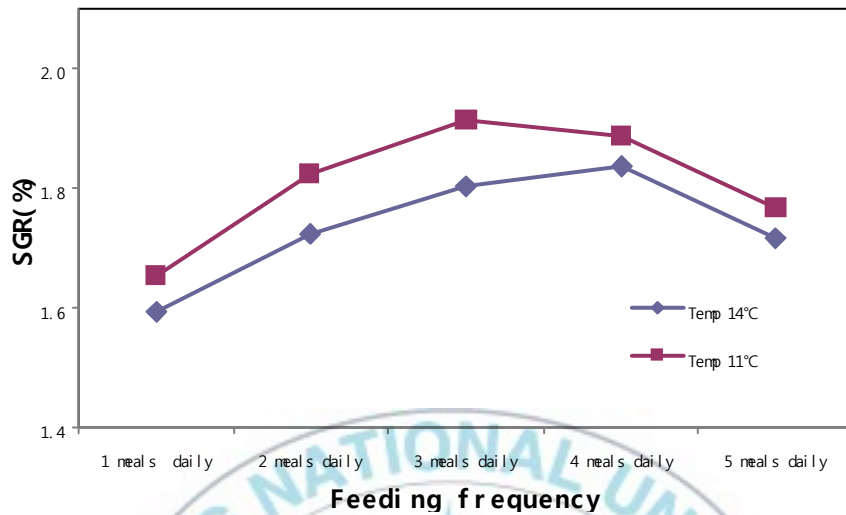


Fig.13. Specific growth rate (SGR, %) from different frequencies at 11°C and 14°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

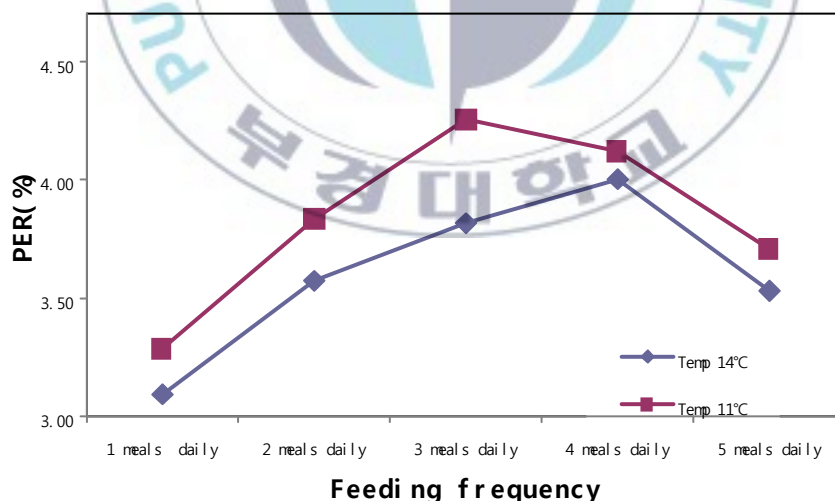


Fig.14. Protein efficiency rate (PER, %) from different frequencies at 11°C and 14°C for 10 weeks. Values are means from triplicate groups where the bar have different superscript is significantly different ($P < 0.05$).

V. 고찰 및 결론

1. 고찰

일반적으로 사료공급횟수를 증가시키면 사료의 섭취량이 증가하고 성장률도 증가한다. 또 적정 범위 내에서 수온이 올라감에 따라 어류의 활동성과 대사가 활발해지고 이에 따라 사료의 섭취와 성장속도가 증가하는 것이 일반적이다. 따라서 적정범위의 수온과 사료공급횟수를 설정하는 것은 매우 중요한 작업이다.

본 실험에서는 사료공급횟수를 증가시키면 따라 일정수준 증체율과 일간성장율이 증가하는 경향을 보인 후 일정해지는 경향을 보였다. 이와 같은 경향은 넘치(Lee et al., 1999)와 조피볼락(Lee et al., 2000)에서도 보고되었다. 이는 적정수준 이상의 사료공급횟수는 노동비용이 증가하고 있는 현실을 감안할 때, 적절하지 못한 것으로 판단된다. 이렇게 증체율과 일간성장율이 정체되는 것은 어체가 소화할 수 있는 에너지가 제한적인 것으로 판단된다.

사료횟수가 증가함에 따라 증체율과 일간성장율이 증가한 반면에 사료효율은 일간 1와 2회의 공급에서 가장 높은 값을 나타내었으며 그 이상의 공급횟수에서는 감소하는 경향을 보인다.

결국 사료공급횟수는 성장률과 사료효율에 직접적인 제한요인이 되며 본 연구에서 산천어 치어(8~25g)의 성장을 위한 최적 사료공급횟수는 2~3회인 것으로 보인다. 그러나 노동비용이 증가하고 있는 현실을 감안하여 2회의 공급이 적절해 보인다.

본 실험에서의 일반성분 분석결과 단백질, 지방 및 회분함량에서 모든 실험구에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이는 적정횟수 이상의 과도한 사료공급은 지방의 함량을 증가시켜 어체의 품질을 떨어뜨릴 수 있다는 이전의 연구(Page and Anderws, 1973; Lee et al., 2000)와는 다른 결과를

보였다. 하지만 적정사료공급횟수이상에서도 실험사료의 단백질에 대한 에너지비가 적정하거나 적정횟수이상에서도 사료섭취율의 차이가 나타나지 않으면 일반성분의 차이를 보이지 않을 경우에는 일반성분에 유의적인 차이를 나타내지 않는 것으로 보인다(Lee et al; 2005).

수온은 어류의 대사, 성장, 소화율 및 사료의 섭취에 직접적인 작용을 하며 어류의 성장 시기별로 성장을 위한 최적수온이 변화하는 것으로 알려져 있다(Ishioka, 1980; Davis and Parker 1990; Ryan, 1995). 또 대상 어종의 크기와 사육환경에 영향을 받는다고 보고되고 있다(Gershanovich and Taufik, 1992; De silva and Anderson, 1995). 또 어류의 사료섭취량에 영향을 미칠 수 있다(Brett and Higgs, 1970). 어류의 성장은 소화, 흡수, 물질대사와 배설의 복합적인 생리적 작용의 결과이며(Brett, 1979), 어류의 생리적 기능은 수온의 영향에 의한 효소활성으로 조절된다(Pelletier et al., 1995). 이처럼 수온은 어류의 성장을 제어하는 주 요인으로 작용을 하므로 최적 사육환경 측면을 구명해야할 중요한 환경적 요인으로서 많은 연구가 진행되어 왔다. 본 1실험과 2실험을 비교분석하면 11℃의 증체율, 일간성장을 및 사료효율이 14℃와 비교하여 모두 높은 값을 나타내어 산천어 치어기(8~25g)의 사육수온은 14℃보다는 11℃에서 사육하는 것이 나을 것으로 판단된다. 이는 동일한 *Oncorhynchus* 어류이며 냉수성어종인 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)의 치어기 성장최적수온인 14~16℃보다는 낮은 것으로 나타나 산천어는 성장을 위해 더 낮은 수온을 요구하는 것으로 보인다. 이는 산간 최상류에 서식하는 산천어가 더 차가운 겨울환경에 적응한 것으로 보이며 최대성장을 위한 최적수온에 대한 연구가 지속되어야 할 것으로 판단된다.

2. 결 론

수온 11℃에서 실시한 사료공급횟수 실험에서 증체율, 일간성장을 및 단백질전환효율은 2회에서 5회까지 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나 3회 공급시 최적의 성장을 보였다. 반면, 사료효율은 1회에서 3회까지 유의

한 차이가 없이 높게 나타났으나 2회에서 가장 높은 값을 보였다. 따라서, 증체율, 일간성장을, 단백질전환효율 및 사료효율을 고려하여 2회 및 3회 공급하는 것이 좋은 것으로 나타났으며 경제적인 측면에서 2회 공급하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

수온 14℃에서 실시한 사료공급횟수 실험에서 증체율, 일간성장을 및 단백질전환효율은 2회에서 5회까지 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나 4회 공급시 최적의 성장을 보였다. 반면, 사료효율은 1회에서 4회까지 유의한 차이가 없이 높게 나타났으나 2회에서 가장 높은 값을 보였다. 따라서, 증체율, 일간성장을, 단백질전환효율 및 사료효율을 고려하여 2회 및 3회 공급하는 것이 좋은 것으로 나타났으며 경제적인 측면에서 2회 공급하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

상기의 결과를 종합하여 11℃, 14℃ 환경에서의 동일한 사료공급횟수에 대한 산천어의 10주간의 증체율 (WG, %), 사료효율 (FE, %), 일간성장률 (SGR, %) 및 단백질효율(PER, %)을 두 실험 간의 유의성을 판단하기 위하여 Fig 10, 11, 12 및 13에 나타내었다. 증체율, 일간성장률 및 단백질전환 효율에서 11℃와 14℃의 각 사료횟수에 따른 증체율의 유형은 유사하게 나타났으며 11℃의 모든 횟수에서 높은 값을 나타내었다. 사료효율에서도 11℃와 14℃의 각 사료횟수에 따른 사료효율의 유형은 유사하게 나타났으며 11℃가 높은 값을 나타내었다.

따라서 본 연구에 의하면 치어기 산천어의 경제적인 사육관리를 위한 적정사육환경은 수온 11℃에서 사료를 일일 2회 공급하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

V. 요 약

본 연구는 치어기 산천어의 적정 사료공급 횟수를 조사하기 위하여 11℃와 14℃에서의 독립된 실험2개가 평균무게 8g의 실험어를 300ℓ PVC수조에 각 수조당 10마리씩 3반복으로 무작위 배치하여 사료공급 횟수를 달리 하여 10주간 사육하였다. 사료공급 횟수는 11℃, 14℃ 각각 1일 1회(13:00), 1일 2회(09:00, 15:00), 1일 3회(09:00, 13:00, 17:00), 1일 4회(09:00, 11:00, 15:00, 17:00), 1일 5회(09:00, 11:00, 13:00, 15:00, 17:00)로 설정하였으며, 매 회 실험어가 먹을 때까지 만복공급 하였다. 11℃에서의 실험에서 증체율, 일간성장을 그리고 단백질전환효율은 각 횟수에 따른 추세가 같았는데 3, 4회공급구에서 좋았으며 2, 5회공급구에서는 유의한 차이가 없었다. 사료효율은 1, 2회 공급구에서 좋았고 3회 공급구에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 따라서 11℃에서는 2, 3회공급구가 적정횟수인 것으로 보인다. 14℃에서의 실험에서 증체율, 일간성장을 그리고 단백질전환효율은 각 횟수에 따른 추세가 같았는데 4회공급구에서 좋았으며 2, 3, 5회공급구에서는 유의한 차이가 없었다. 사료효율은 1, 2, 3, 4회공급구에서 좋았다. 따라서 14℃에서는 2, 3회공급구가 적정횟수인 것으로 보인다. 또, 11℃와 14℃의 비교에서 횟수에 따른 11℃의 각 값들은 14℃에 비하여 높게 나타났다. 사육실험 종료 후, 전어체의 단백질, 지방 및 회분함량은 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이상의 결과로 볼 때, 8g~25g 산천어 치어 시기의 배합사료의 적정공급 횟수는 사육관리 시간 및 비용 등 경제적인 측면을 고려하였을 때 2회로 선택되어야 할 것으로 사료되며, 수온은 14℃보다는 11℃에서의 성장이 우수한 것으로 판단된다.

VI. 감사의 글

나의 앞길을 예비하시고 주재하여 주시는 하나님께 감사드립니다. 이 부족한 논문이 완성되기 까지 너무 많은 도움의 손길들이 계셨습니다. 먼저, 부족한 저에게 언제나 따듯하게 대해주시고 양식이란 학문을 가르쳐주신 조재운 교수님께 감사드리며, 정성껏 논문을 심사하여 주신 배성철 교수님, 본 논문의 디자인과 세심하게 논문을 다듬어 주시고 관심 가져주신 오승용 박사님께 깊이 감사드립니다. 강의 및 세미나를 통해 소중한 가르침을 주신 손철현 교수님, 장영진 교수님, 김동수 교수님, 김창훈 교수님, 허성범 교수님, 남윤권 교수님, 김종명 교수님께도 감사 드립니다. 또, 논문작성동안 세심한 배려를 아끼지 않은 임성률 박사님, 배준영 박사님, 김영철 박사님께도 깊이 감사드립니다. 항상 아껴주시고 용기를 주시는 경상북도 민물고기 연구센터의 서승기 소장님, 백상립 계장님, 안성렬 계장님, 유동재 연구사님과 이진환님, 서영주님, 정강진님, 임석규님, 최덕중님, 김명희님, 이충원님을 포함한 우리센터 가족여러분 모두 감사합니다. 세심히 도와주신 이여신 여사님, 김정배님, 도한천님께도 감사드립니다. 경상북도 수산자원개발연구소의 김태주 소장님과 항상 말없이 후원자가 되어주시는 박무억 팀장님, 서영석 연구사님, 김진각 연구사님, 윤성민 연구사님을 포함한 수산자원 개발연구소 가족여러분께도 감사드립니다. 특별히 저의 높은 산이 되시는 김인배 교수님께 감사드립니다. 함께 석사과정을 시작한 한원민, 임태훈 후배님을 비롯한 양식공학실험실 여러 선.후배님들과 동기들에게 감사를 드리고 싶습니다.

언제나 사랑으로 나의 앞길을 축복해 주시는 부모님들과 누님, 형님, 동생 그리고 나의 피양세에게 이 논문을 바치고자 합니다.

VII. 참 고 문 헌

- Andrews, J.W., Page, J. W., 1975. The effect of frequency of feeding on culture of catfish. Trans. Am. Fish Soc. 105, 317-321.
- Brett, J. R. and D. A. Higgs, 1970. Effects of temperature on rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. J. Fish. Res. Board Can., 27, 1767-1779.
- Brett, J.R., Groves, T.D.D., 1979. Bioenergetics. In: Hoar, W.S., Randall, J.J., Brett, J.R. (Eds.), Fish Physiology. Academic Press, New York, USA, pp. 279-352.
- Brett, J.R., J. E. Shelborn and C. T. Shoop, 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) J. Fish. Res. Bd. Can., 27, 1767-1779.
- Chua, T., Teng, S., 1978. Effect of feeding frequency on the growth of young estrary grouper, *Epinephelus tauvina*(Forsk.) cultured in floating net-cages. Aquaculture 14, 31-47.
- Davis, K. B. and N. C. Parker, 1990. Physiological stress in striped bass: effect of acclimation temperature. Aquaculture, 91, 349-359.
- De Silva, S. S. and T. A. Anderson, 1995. (In) Fish Nutrition in Aquaculture, Chapman and Hall, New York, NY, pp. 32-42.
- Dwyer, K., J. Brown, C. Parrish and S. Lall, 2002. Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). Aquaculture, 213, 279-292.
- Gershanovich, A. D. and L. R. Taufic, 1992. Feeding dynamics of strugeon fingerlings (Acipenseridae) depending on food concentration

- and stocking density. J. Fish Biology, 41, 425-434.
- Ishioka, H., 1980. Stress reactions in the marine fish- I . Stress reactions induced by temperature chang. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 46, 523-532.
- Jobling, M., 1983. Effect of feeding frequency on food intake and growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. J. Fish Biol. 23, 177-185.
- Kayano, Y., Yao, S., Yamamoto, S., Nakagawa, H., 1993. Effects of feeding frequency on the growth and body constituents of young red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*. Aquaculture 110, 271-278.
- Lee, D. J. and G. B. Putnam. 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. J. Nutr., 103, 916-922.
- Lee, S.-M., C.-H., Seo and Y. S. Cho, 1999, Growth of the juvenileent feeding frequencies. J. Kor. Fish. Soc., 32, 18-21
- Lee, S.-M., S. H. Cho and D. J. Kim, 2000a. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth an body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel). Aquac. Res., 31, 917-921.
- Lee, S.-M., U.-G. Hwang and S. H. Cho, 2000b. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rock-fish (*Sebastes schlegeli*). Aquaculture, 187, 399-409.
- Lee, S.-M., S. H. Cho and K.-D. Kim, 2000c Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. J. World Aquac. Soc., 31, 306.
- NRC(National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington DC, 114pp.
- Page, J. W. and J. W. Andrews, 1973. Interaction of dietary levels of protein and energy on channel catfish(*Ictalurus punctatus*). J. Nutr., 103, 1339-1346.

- Pelletier, D., P.U. Blier, J.D. Dutil and H. Guderley, 1995. How should enzyme activities be used in fish growth studies. J. Exp. Biol., 198, 1493-1497
- Ryan, S. N., 1995. The effect of chronic heat stress on cortisol levels in the Antarctic fish, *Pagothenia borchgrevinki*. Experientia, 51, 768-774.
- Wang, N., R. S. Hayward and D. B. Noltie, 1998. Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. Aquaculture, 165, 261-267.
- 김익수·박종영, 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 465pp.
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, 727pp.

