

수산화석사 학위논문

저수온 및 고수온기에
넙치치어(*Paralichthys olivaceus*)에
있어서 상업용 배합사료의 적정 공급율
평가



2011년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원
수 산 생 물 학 과

황 남 용

수산학석사 학위논문

저수온 및 고수온기에
넙치치어(*Paralichthys olivaceus*)에
있어서 상업용 배합사료의 적정 공급율

평가

지도교수 배 승 철

이 논문을 수산학석사 학위논문으로 제출함

2011년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원
수산생물학과

황 남 용

황남용의 수산학석사 학위논문을 인준함

2010년 12월 일



주 심 농 학 박사 김 창 훈 (印)

주 심 이 학 박사 김 종 명 (印)

위 원 영 양 학 박사 배 승 철 (印)

목 차

Abstract	i
제 1 장 서 론	1
제 2 장 재료 및 방법	4
실험 I. 저수온기 실험	4
1. 실험어 및 사육관리	4
2. 실험사료 및 실험설계	5
3. 어체측정	5
4. 혈액성분 분석	5
5. 일반성분 분석	6
6. 형태학적 변화 분석	6
7. 통계처리	7
실험 II. 고수온기 실험	8
1. 실험어 및 사육관리	8
2. 실험사료 및 실험설계	8
3. 어체측정	8
4. 혈액성분 분석	8
5. 일반성분 분석	9
6. 형태학적 변화 분석	9
7. 통계처리	10
제 3 장 결 과	10
실험 I. 저수온기 실험	11
실험 II. 고수온기 실험	19
제 4 장 논 의	27

제 5 장	요 약	30
제 6 장	감사의 글	32
제 7 장	참고문헌	33



Effect of feeding rates in juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed commercial diet at the low and high water temperature season.

Nam-Yong Hwang

*Department of Fisheries Biology, Graduate School,
Pukyong National University,
Busan 608-737, Korea*

ABSTRACT

This study was conducted to determine to investigate the effects of feeding rates for growth of juvenile olive flounder at the low and high water temperature season. The first experiment was conducted to determine the evaluation of optimum feeding rate in juvenile olive flounder at the low water temperature (below 15°C). The second experiment was conducted to determine the evaluation of optimum feeding rate in juvenile olive flounder at the high water temperature (over or 24°C).

Experiment I : Evaluation of the optimum feeding rate in juvenile olive flounder, *Paralichtys olivaceus* fed commercial diet at the low water temperature season

This experiment was conducted to investigate the effects of optimum feeding rate on growth performance, body composition, hematology and morphology in juvenile olive flounder fed commercial extruded pellet at the low water temperature season. Three replicated groups of fish (initial fish mean weight of 7.7 ± 0.13 g) were fed commercial diet at the feeding rate of 0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.25 and 2.5% Body weight (BW)/day and Satiation (2.84% BW/day) in experiment. Each feeding trial was conducted in 21 rectangular plastic tanks of 30L capacity set up in a semi-recirculating system at a stocking rate of 15 individuals in tanks. Each tank maintained at 14.8 ± 0.3 °C. The duration of trial was four weeks. At the end of feeding trial, Weight gain (WG) and Specific growth rate (SGR) for fish fed at 2.25, 2.5% BW/day and those fed to Satiation (2.64% BW/day) were significantly higher in fish fed at 0, 1.0 and 1.5% BW/day. But there were no significant differences in WG and SGR among fish fed at 2.0, 2.25, 2.5% BW/day and Satiation. Survival was significantly lower in the unfed fish than in other treatments ($P < 0.05$). However, there were no significant differences in survival among fish fed at 2.0, 2.25 and 2.5% BW/day ($P < 0.05$).

Broken line analysis on Weight gain indicated the optimum feeding rates of juvenile olive flounder could be 2.08% BW/day.

Experiment II : Evaluation of the optimum feeding rate in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* fed commercial diet at the high water temperature season

This experiment was conducted to investigate the effects of optimum feeding rate on growth performance, body composition, hematology and morphology in juvenile olive flounder fed commercial extruded pellet at the high water temperature season. Four replicated groups of fish (initial fish mean weight of 5.5 ± 0.04 g) were fed commercial diet at the feeding rate of 0, 3.0, 3.5, 4.0, 4.25, 4.5 and 4.75% Body weight (BW)/day and Satiation (5.02% BW/day) in experiment. Each feeding trial was conducted in 32 rectangular plastic tanks of 40L capacity set up in a semi-recirculating system at a stocking rate of 20 individuals in tanks. Each tank maintained at 25.7 ± 0.5 °C. The duration of trial was four weeks. At the end of the four weeks of feeding trial, Weight gain (WG) and Specific growth rate (SGR) for fish fed at 4.75% BW/day and those fed to Satiation (5.02% BW/day) were significantly higher in fish fed at 0, 3.0, 3.5% and 4.25% BW/day. But there were no significant differences in WG and SGR among fish fed at 4.75 BW/day and Satiation. Survival was significantly lower in the unfed fish than in other treatments ($P < 0.05$). However, there were no significant differences in survival among fish fed at 3.5, 4.0, 4.25, 4.5 and 4.75% BW/day ($P < 0.05$).

Broken line analysis on Weight gain indicated the optimum feeding rates of juvenile olive flounder could be 4.76% BW/day.

제 1 장 서 론

어류양식에 있어 총양식경영비의 50-60%가 사료비로 지출되고 있으며 (Cho et al., 2006), 이에 따른 효율적인 사료공급은 사료효율 및 어류 성장에 직접적인 영향을 미쳐 실질적으로 양식의 경제적 성패를 좌우할 만큼 중요한 위치를 차지하고 있다(Tsevis et al., 1992; Azzaydi et al 2000., Lee et al 2000). 현재 해상가두리 및 육상수조식 양식어류에서 사용되는 사료는 생사료와 배합사료로 크게 나눌 수 있다. 국내 양식담수종에 있어서 대부분 배합사료로의 전환이 이루어진 반면 양식해수종에 있어서는 참돔 95.6%, 조피볼락 76.4%, 감성돔 56.1%, 넙치는 35.3% 순으로 나타났다 (통계청, 2009). 넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 국내 주요 양식 대상어종으로서, 생산량에 있어서 2008년에 46,432톤으로 국내 총 어류양식의 40%이상으로 매우 큰 비중을 차지하고 있다(FAO, 2009), 최근 전체 양식사료 소비량의 66만여톤 중 생사료는 57만여톤, 배합사료는 9만톤 정도가 생산되었으며, 소비되는 생사료에 있어서 넙치의 의존도는 매우 높은 실정이다. 이는 양어민들이 넙치양식에 있어서 낮은 성장, 기호성 저조 및 소화장애에 의한 어병 발생 등을 우려하여 배합사료 사용을 기피하고 있기 때문이다. 이러한 현상은 배합사료 공급시, 생사료와 동일시하게 반복공급 형태로 이루어지는 무분별, 과잉된 사료공급으로 인해, 복수증이나 탈장 등의 질병 유발, 사육수 오염, 낮은 성장률 등이 발생되어져 왔기 때문이다. 그러나 최근 생사료 이용에 있어 사료 유실량에 따른 수질오염 가중, 어황에 따른 사료원의 불안정한 수급 및 어류영양 불균형 등의 문제점이 부각되고 있으며, 세계 양식 선진국 및 환경 친화적이고 지속적인 양식산업으로 나아

가기 위해서 생사료 사용 자제 촉구와 함께 배합사료의 전환을 요구하고 있는 실정이다(배, 2002) 현재도 친환경적이고 경제적인 배합사료 개발을 위하여 많은 연구가 이루어지고 있으며, 개발된 양질의 배합사료는 생사료와 비교연구 실험을 통해 대체 가능성 및 우수성이 입증되어지고 있다(Lee et al., 1995; Lee and Jeon 1996; Heo, 2008; Kim et al. 2009). 또한 양식 산업의 기술개발에 따른 시설 자동화는 양식어류의 편리한 관리 및 인건비 절약 등의 이점을 가져왔으며, 넙치 양식현장에서도 배합사료를 이용한 사료자동공급기 도입이 시도되고 있다. 따라서 개발된 배합사료의 적절한 이용에 있어서도 사육관리 표준화 설정을 위한 적정배합사료 공급체계도 같이 수반되어지고 있다(Fiogbe and Kestemont 2003; Eroldogan et al, 2004; Okorie 2010).

수온은 먹이와 같이 물고기의 성장과 발육을 지배하는 중요한 요인으로 어류의 섭식욕구에 직접적인 영향을 준다(Choi et al., 2002) 다시 말해, 어류의 성장은 소화, 흡수, 물질대사와 배설의 복합적인 생리적 작용의 결과이며(Brett et al., 1979), 어류의 생리적 기능은 수온의 영향에 의한 효소활성으로 조절된다는 것이다(Pelleiter et al 1995). 우리나라의 경우, 계절 변화에 따른 수온범위는 넓게 분포하며(한국해양자료센터, 2010) 이는 어류의 성장에도 직접적으로 영향을 미치게 된다. 수온이 낮아지면 어류 체내의 소화효소 활성 및 대사율이 감소하게 되어(Fauconneau et al., 1983) 먹이 섭취량이 적어지고, 수온이 상승하게 되면 활동성 및 대사율 증가로 사료 섭취율도 증가하기 때문에(NRC, 1993) 수온에 따른 적정사료 공급율을 설정하는 것이 매우 중요하다. 넙치는 수온19-21℃의 범위에서 성장이 잘 되는 어종이지만(Kim et al, 2005) 대부분 유수식으로 이루어지는 양식현장 특성상 연안해역의 수온변화에 직접적인 영향을 받으며, 이에 따른 사료 섭취량도 달라진다. 적수온에 따른 넙치 성장단계별 적정 배합사료

공급을 연구는 체계적으로 수행된바 있다(Okorie, 2010). 따라서 본 연구는 수온별 성장단계에 따른 넙치 배합사료 공급 체계 연구의 일환으로 치어기 넙치를 대상으로 저수온 및 고수온기에 있어서 상업용 배합사료의 적정 공급율을 확인하고자 하였다.



제 2 장 재료 및 방법

실험 I : 저수온기 실험

1. 실험어 및 사육관리

실험어는 전남 완도에서 운반된 넙치를 부경대학교 사료영양학 실험실 내 400L수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비사육하였다. 예비사육 후 실험어는 평균 무게 $7.7 \pm 0.13\text{g}(\text{mean} \pm \text{SD})$ 인 넙치를 30L 사각수조에 각 실험구 당 15마리씩 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 순환여과식으로 유수량은 $2\text{L}/\text{min}$ 으로 조절하여 주었으며, 충분한 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 전 실험기간 동안 평균수온은 $14.8 \pm 0.3^\circ\text{C}$, 염분은 33 ± 1 ppt, 용존산소는 $7.9 \pm 0.4\text{mg}/\text{L}$, pH는 7.4 ± 0.3 으로 유지하였으며, 사육실험 기간은 총 4주간 실시하였다.

2. 실험사료 및 실험설계

실험에 사용된 실험사료는 (주)수협이 상업용 배합사료(extruded pellet, EP) 4호이고 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 일일 사료 공급량은 어체 무게당 0%, 1%, 1.5%, 2%, 2.25%, 2.5% 및 만복공급(Satiation, SA)으로 총 7개 실험구로 나누어 1일 2회(09:00, 16:00h) 공급하였다.

3. 어체 측정

어체 측정은 4주간의 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 실험 종료 후 증체율(Weight Gain, %), 사료효율(Feed Efficiency), 일간성장률(Specific Growth Rate, %/day), 단백질전환효율(Protein Efficiency Ratio, %), Survival(%)을 조사하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight Gain(WG, %) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

Feed Efficiency(FE, %) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

Specific Growth Rate(SGR, %/day) = (log_e final weight - log_e initial weight / days

Protein Efficiency ratio(PER, %) = wet weight gain / protein intake

Survival(%) = number of fish at end of experiment / number of fish stocked × 100

4. 혈액성분 분석

실험종료 후, 증체율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식 시킨 후, 각 수조당 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222(100 ppm)로 마취시켰다. 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit방법(Brown, 1980)으로 측정하였고, cyan-methemoglobin 방법(Sigma chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)을 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않는 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장 보관하였으며, 24시간 이내에 분석하였다. 혈청성분은 임상용 kit(아산제약주식회사, Korea)를 사용하여 총단백질(Total Protein)은 Biuret법으로, 글루코스 (Glucose)는 효소법으로 그리고 GOT(Glutamic Oxaloacetic

Acid)는 Reitman Frankel법으로 분석하였다.

5. 일반성분 분석

각 실험구별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 사용하였으며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 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.

6. 형태학적 분석

실험종료 후 각 실험구별로 10마리씩 무작위 추출하여 MS-222로 마취시킨 후, 개체별로 전장 및 무게를 측정하여 비만도(Condition factor, CF)을 구하였다. 간중량지수(Hepatosomatic Index, HSI)와 내장중량지수(Visceral-somatic Index, VSI)는 위의 비만도를 측정한 실험어를 해부하여 각 부위별로 중량을 측정하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Condition Factor(CF)} = \text{body weight} / \text{total body length}^3$$

$$\text{Hepatosomatic Index(HSI)} = \text{liver weight} / \text{body weight} \times 100$$

$$\text{Visceralsomatic Index(VSI)} = \text{visceral Weight} / \text{body weight} \times 100$$

7. 통계처리

모든 자료의 통계처리는 J.M.P program version 9.1.3 statistical software (SAS Institute, 2004) 로 One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소유의차 검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성($P < 0.05$)을 검정하였으며, 적정 배합사료공급량은 Broken line analysis (Robbins et al., 1979)을 이용하여 확인하였다.

Table 1. Proximate analysis of the experimental diet for juvenile Olive flounder(% of dry matter basis)

Commercial diet (Su-Hyup NO.4) Extruded pellet, EP	
Ingredient	
Moisture(%)	6.7
Crude Protein(%)	58.1
Crude Lipid(%)	11.4
Crude Ash(%)	10.8
Diet Size(mm)	4.0 - 4.2

실험 II: 고수온기 실험

1. 실험어 및 사육관리

실험어는 경남 포항에서 운반된 넙치를 부경대학교 사료영양학 실험실 내 400L수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2주간 예비사육하였다. 예비사육 후 실험어는 평균 무게 $5.4 \pm 0.04\text{g}(\text{mean} \pm \text{SD})$ 인 넙치를 40L 사각수조에 각 실험구 당 20마리씩 4반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 순환여과식으로 유수량은 $3.2\text{L}/\text{min}$ 으로 조절하여 주었으며, 충분한 산소공급을 위해 에어스톤을 설치하였다. 전 실험기간 동안 평균수온은 $14.8 \pm 0.3^\circ\text{C}$, 염분은 $29.2 \pm 1.2\text{ppt}$, 용존산소는 $7.9 \pm 0.5\text{mg}/\text{L}$, pH는 7.7 ± 0.3 으로 유지하였으며, 총 사육실험 기간은 4주간 실시하였다.

2. 실험사료 및 실험설계

실험에 사용된 실험사료는 실험 I 과 같은 (주)수협이 상업용 배합사료 (extruded pellet, EP) 4호를 사용하였다. 일일 사료 공급량은 어체 무게당 0%, 3%, 3.5%, 4%, 4.25%, 4.5%, 4.75 및 만복공급(Satiation, SA)으로 총 8개 실험구로 나누어 1일 2회(09:00, 16:00h) 공급하였다.

3. 어체 측정

어체 측정은 4주간의 실험 종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 MS-222(100 ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 실험 종료 후 증체율(Weight Gain, %), 사료효율(Feed Efficiency), 일간성장률(Specific Growth Rate, %/day), 단백질전환효율(Protein Efficiency Ratio,

%), Survival(%)을 조사하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Weight Gain (WG, %) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

Feed Efficiency (FE, %) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

Specific Growth Rate (SGR, %/day) = (log_e final weight - log_e initial weight / days

Protein Efficiency ratio(PER, %) = wet weight gain / protein intake

Survival(%) = number of fish at end of experiment / number of fish stocked × 100

4. 혈액성분 분석

실험종료 후, 증체율 조사와 함께 혈액성분 분석을 위하여 실험어를 채혈하기 전까지 약 24시간 동안 절식 시킨 후 각 수조당 5마리씩 무작위 추출하여 MS-222(100 ppm)로 마취시켰다. 실험어의 미부정맥에서 혈액을 채혈한 후, micro-hematocrit 방법(Brown, 1980)으로 측정하였고, cyan-methemoglobin 방법(Sigma chemical, St. Louis MO; total hemoglobin procedure No. 525)으로 헤모글로빈(hemoglobin, Hb)을 측정하였다. 혈청성분의 분석을 위하여 채혈한 혈액을 항응고제가 처리되지 않는 원심분리관에 넣고 실온에 30분간 방치한 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 냉장 보관하였으며 24시간 이내에 분석하였다. 혈청성분은 임상용 kit(아산제약주식회사, Korea)를 사용하여 총단백질(Total Protein)은 Biuret법으로, 글루코스 (Glucose)는 효소법으로 그리고 GOT(Glutamic Oxaloacetic Acid)는 Reitman Frankel법으로 분석하였다.

5. 일반성분 분석

각 실험구별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분쇄한 전어체를 사용하였으

며, AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(135℃, 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.

6. 형태학적 분석

실험종료 후, 각 실험구별로 10마리씩 무작위 추출하여 MS-222로 마취시킨 후, 개체별로 전장 및 무게를 측정하여 비만도(Condition factor, CF)을 구하였다. 간중량지수(Hepatosomatic Index, HSI)와 내장중량지수(Visceral-somatic Index, VSI)는 위의 비만도를 측정한 실험어를 해부하여 각 부위별로 중량을 측정하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Condition Factor(CF)} = \text{body Weight} / \text{total body length}^3$$

$$\text{Hepatosomatic Index(HSI)} = \text{liver weight} / \text{body weight} \times 100$$

$$\text{Visceralsomatic Index(VSI)} = \text{visceral Weight} / \text{body weight} \times 100$$

7. 통계처리

모든 자료의 통계처리는 J.M.P program version 9.1.3 statistical software(SAS Institute, 2004) 로 One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소유의차 검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균간의 유의성 (P<0.05)을 검정하였으며, 적정 사료공급량은 Broken line analysis (Robbins et al., 1979)을 이용하여 확인하였다.

제 3 장 결 과

실험 I : 저수온기 실험

4주간의 사육실험에 대한 성장결과는 Table 2에 나타내었다. 생존율(survival)에 있어서 2.0% 실험구에서 80%로 가장 높은 수치가 나타났으며 2.25% 실험구, 만복구와는 유의한 차이가 없었으나, 0%, 1.0% 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 증체율(weight gain, WG)과 일간성장율(specific growth rate, SGR)에 있어서 만복구(SA)에서 52.3%, 2.0%로 각각 가장 높은 수치를 보였으며, 2.0%, 2.25%, 2.5% 실험구와는 유의한 차이가 없었으나, 0%, 1%, 1.5% 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)에 있어서는 실험구간에 유의한 차이는 없었다($P > 0.05$). 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER)에 있어서 1.0% 실험구에서 1.4%로 가장 높은 수치를 보였으며, 배합사료를 만복공급한 실험구(SA)를 제외한 모든 실험구에서 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

Table 3은 혈액학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 적혈구(red blood cell, RBC)에 있어서 2.25% 실험구는 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으며, 1.0%와 2.5% 실험구는 1.5%와 만복 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 헤마토크리트(hematocrit, HCT)에 있어서 2.5% 실험구에서 가장 높은 수치를 보였으며, 2.25% 실험구를 제외한 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 헤모글로빈(hemoglobin, HGB)에 있어서 1.0%에서 가장 높은 수치를 보였으나, 0% 실험구를 제외한 모든 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 백혈구(white blood cell,

WBC)에 있어서 2.5% 실험구에서 가장 높은 수치를 보였으나 2.0%와 2.25% 실험구와는 유의한 차이가 없었다. 총단백질(total protein, TP)에 있어서 2.5% 실험구에서 가장 높은 수치를 보였으나, 2.0%와 2.25% 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 글루코스(glucose)에 있어서 2.0%에서 가장 높은 수치를 보였으며, 다른 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$). 또한 0% 실험구에서 가장 낮은 수치를 보였으며, 1.0%, 2.5% 및 만복구(SA)에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). GOT(glutamic oxaloacetic acid)에 있어서 2.25% 실험구에서 가장 낮은 수치를 나타냈으며, 2.5% 실험구를 제외한 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$).

Table 4는 형태학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 비만도(condition factor, CF)에 있어서 2.25% 실험구에서 가장 높은 수치가 나타났으나 절식구인 0% 실험구, 만복구(SA)를 제외한 모든 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 0% 실험구에서 가장 낮은 수치를 보였으며, 만복구(SA)보다 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)에 있어서 만복구(SA)에서 가장 높은 수치를 나타냈으나, 2.0%, 2.25% 및 2.5% 실험구와는 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 내장중량지수(visceralsomatic index, VSI)에 있어서 만복구(SA)에서 가장 높은 수치를 보였으며 0%, 1.0% 실험구를 제외한 모든 실험구와는 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$).

Table 5는 전어체 성분 분석 결과를 나타낸 것이다. 수분함량에 있어서 0% 실험구에서 80.6%로 가장 높은 수치를 나타냈으며 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$). 1.5%, 2%, 2.25%, 2.5% 실험구 사이에는 유의한 차이가 없었으나($P>0.05$), 1.0% 실험구에 비해서는 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 조단백과 조지방함량에 있어서 만복구(SA)에

서 77.6%, 11.2%로 각각 가장 높은 수치를 보였으며, 모든 실험구에서는 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 또한 2.5% 실험구는 2.25% 실험구와는 유의한 차이가 없었으나($P > 0.05$), 0%, 1%, 1.5%, 2% 실험구와는 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 조희분함량에 있어서 0% 실험구에서 20.8%로 가장 높은 수치를 보였으며, 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 만복구에서 15.3%로 가장 낮은 수치를 보였으나, 2.25%, 2.5% 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

증체율(body weight, BW)을 이용하여 Broken line analysis을 통한 분석결과 저수온기 넘치치어 8g에 있어서 상업용 배합사료의 적정 공급량은 2.08% body weight/day로 나타났다.

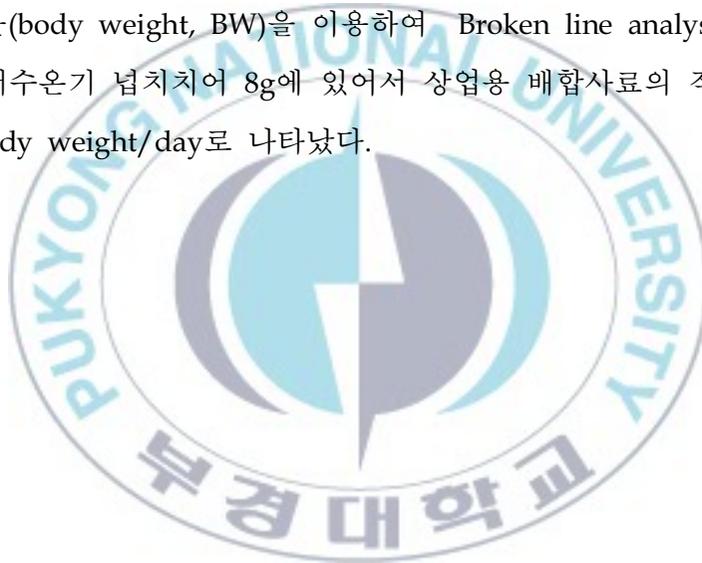


Table 2. Growth performance of juvenile olive flounder fed commercial diet at low water temperature season¹

	Diets							Pooled ¹⁰
	0%	1.0%	1.5%	2.0%	2.25%	2.5%	SA ²	SEM
IW ³	7.5	7.6	7.7	7.7	7.7	7.8	7.7	0.03
FW ⁴	5.9	9.7	10.1	11.0	11.56	11.8	11.7	0.44
WG ⁵	-21.5 ^c	28.1 ^{bc}	31.9 ^b	43.1 ^{ab}	49.6 ^a	51.7 ^a	52.3 ^a	5.16
SGR ⁶	-1.2 ^c	1.2 ^b	1.3 ^b	1.7 ^{ab}	1.9 ^a	2.0 ^a	2.0 ^a	0.21
FE ⁷	-	80.4	66.3	66.9	75.6	69.2	70.0	3.55
PER ⁸	-	1.4 ^a	1.1 ^{ab}	1.1 ^{ab}	1.3 ^{ab}	1.1 ^{ab}	0.9 ^b	0.06
Survival ⁹	40 ^c	53.4 ^{bc}	60.0 ^b	80.0 ^a	75.5 ^a	60.0 ^b	66.7 ^{ab}	3.61

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: satiation (2.84%)

³IW: initial weight (g / fish)

⁴FW: final weight (g / fish)

⁵WG: weight gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

⁶SGR: specific growth rate (%/day) = (log_e final weight - log_e initial weight / days

⁷FE: feed efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

⁸PER: protein efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁹Survival(%) = number of fish at end of experiment / number of fish stocked × 100

¹⁰Pooled SEM: pooled standard error of mean: SD / \sqrt{n} .

Table 3. Serological characteristics of juvenile olive flounder fed commercial diet at the low water temperature season¹

	Diets							Pooled ¹⁰ SEM
	0%	1.0%	1.5%	2.0%	2.25%	2.5%	SA ²	
RBC ³	2.5 ^c	2.6 ^{bc}	2.2 ^d	2.5 ^c	2.9 ^a	2.7 ^b	2.3 ^d	0.05
HCT ⁴	17.3 ^c	18.8 ^b	16.3 ^d	17.5 ^c	21.0 ^a	20.7 ^a	17.4 ^c	0.38
HGB ⁵	9.4 ^b	12.2 ^a	11.0 ^{ab}	11.2 ^{ab}	12.1 ^a	12.0 ^a	10.0 ^{ab}	0.33
WBC ⁶	58.5 ^d	66.6 ^c	72.4 ^b	76.0 ^{ab}	76.1 ^{ab}	77.0 ^a	58.1 ^d	2.14
TP ⁷	1.1 ^d	1.7 ^c	2.2 ^b	2.4 ^{ab}	2.5 ^{ab}	2.6 ^a	2.2 ^b	0.14
Glucose ⁸	8.2 ^d	11.9 ^c	12.2 ^c	16.9 ^a	14.2 ^b	12.9 ^c	11.9 ^c	0.68
GOT ⁹	84.0 ^b	62.3 ^d	87.2 ^a	60.6 ^d	43.2 ^e	45.9 ^e	68.2 ^c	4.26

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²SA: satiation (2.84%)

³RBC: red blood cell ($\times 10^6$ cell / μ g)

⁴HCT: hematocrit(%)

⁵HGB: hemoglobin(%)

⁶WBC: white blood cell ($\times 10^6$ cell / μ g)

⁷TP: total protein: g/dL

⁸Glucose: mg / dL

⁹GOT: glutamic oxaloacetic transaminase (IU / L)

¹⁰Pooled SEM: pooled standard error of mean: SD / \sqrt{n} .

Table. 4 Morphological parameters of juvenile olive flounder fed commercial diet at the low water temperature season¹

	Diets							Pooled ⁶ SEM
	0%	1.0%	1.5%	2.0%	2.25%	2.5%	SA ²	
CF ³	0.70 ^c	1.00 ^{ab}	0.97 ^{ab}	1.08 ^{ab}	1.16 ^a	1.14 ^{ab}	0.95 ^b	0.03
HSI ⁴	0.91 ^d	1.60 ^c	2.39 ^b	2.63 ^{ab}	2.50 ^{ab}	2.57 ^{ab}	2.76 ^a	0.15
VSI ⁵	5.05 ^c	6.74 ^b	7.94 ^a	8.02 ^a	8.03 ^a	8.14 ^a	8.19 ^a	0.25

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: satiation (2.84%)

³CF: condition factor = body weight / total body length³

⁴HSI: hepatosomatic index = liver weight / body weight × 100

⁵VSI: visceralsomatic index = visceral weight / body weight × 100

⁶Pooled SEM: pooled standard error of mean: SD / \sqrt{n} .

Table. 5 Whole-Body proximate composition of juvenile olive flounder fed commercial diet at low water temperature season.¹

	Diets							Pooled ³ SEM
	0%	1.0%	1.5%	2.0%	2.25%	2.5%	SA ²	
Moisture (%)	80.6 ^a	78.8 ^b	77.6 ^c	77.6 ^c	77.7 ^c	77.3 ^c	76.4 ^d	0.32
Crude protein(%)	69.6 ^e	70.2 ^e	71.0 ^d	72.9 ^c	73.9 ^b	74.5 ^b	75.2 ^a	0.66
Crude lipid(%)	3.0 ^f	5.3 ^e	6.9 ^d	8.2 ^c	9.9 ^b	9.8 ^b	11.2 ^a	0.65
Ash(%)	20.0 ^a	18.6 ^b	17.4 ^c	16.2 ^d	16.0 ^{de}	15.4 ^{de}	15.3 ^e	0.42

¹Values are means from triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: satiation (2.84%)

³Pooled SEM: pooled standard error of mean: SD / \sqrt{n} .

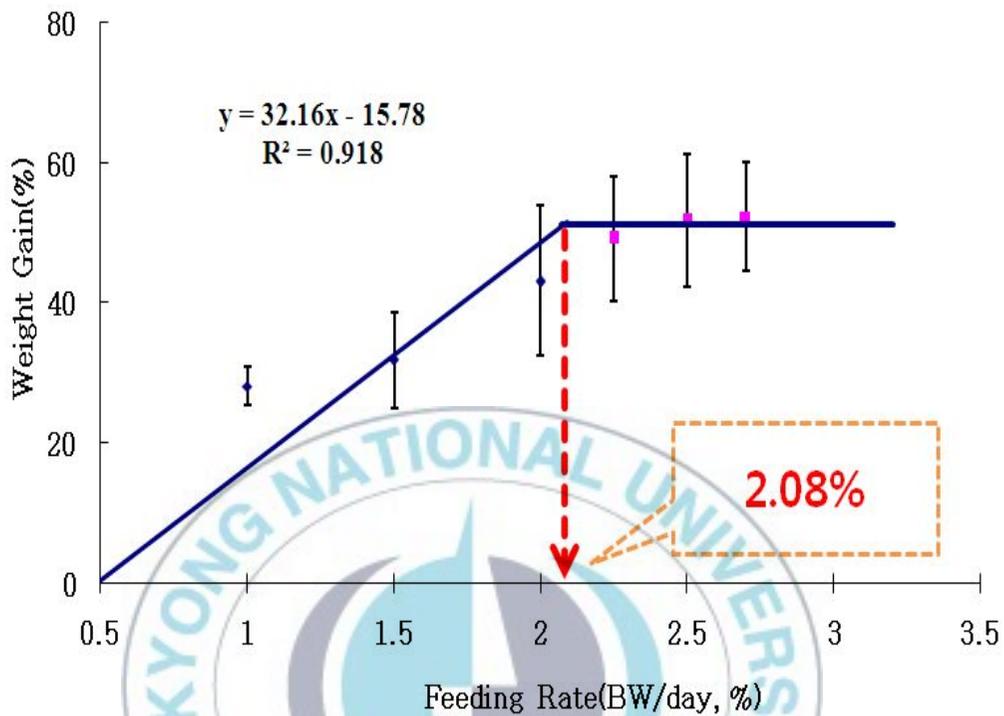


Fig 1. Broken line analysis of weight gain (WG, %) for optimum feeding rate of juvenile olive flounder fed commercial diet at low temperature season.

실험 II:고수온기 실험

4주간의 사육실험에 대한 성장결과는 Table 6에 나타내었다. 생존율(survival)에 있어서 4.0%, 4.25% 및 4.75% 실험구에서 각각 100%로 가장 높은 수치를 보였으나 4.25%, 4.5% 실험구와는 유의한 차이를 보이지 않았다. 0% 실험구는 20%로 가장 낮은 수치를 보였으며 1.0% 실험구, 만복구(SA)에 비해 유의하게 낮게 나타났($P<0.05$). 증체율(weight gain, WG)과 일간성장율(specific growth rate, SGR)에 있어서 만복구(SA)에서 225.6%, 5.4%로 각각 가장 높은 수치를 보였으며, 4.75% 실험구를 제외한 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났($P<0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)에 있어서 3.0% 실험구에서 138.4%로 가장 높은 수치를 나타냈으며, 4.75% 실험구 및 만복구(SA)를 제외한 모든 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P<0.05$). 단백질 전환효율(protein efficiency ratio, PER)에 있어서 3.5% 실험구에서 2.4%로 가장 높은 수치를 보였으며, 4.75% 실험구 및 만복구(SA)를 제외한 모든 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

Table 7은 혈액학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 적혈구(red blood cell, RBC)에 있어서 0% 실험구는 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으며, 3.0%, 4.5% 실험구는 3.5%, 4.0%, 4.25%, 4.75% 실험구 및 만복구(SA)에 비해 유의하게 높게 나타났($P<0.05$). 헤마토크리트 (hematocrit, HCT)에 있어서 4.75% 실험구에서 가장 높은 수치를 보였으며, 만복구(SA)를 제외한 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났($P<0.05$). 헤모글로빈(hemoglobin, HGB)에서 있어서 4.5% 실험구에서 가장 높은 수치를 보였으며, 4.75% 실험구를 제외한 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났($P<0.05$). 백혈구(white blood cell, WBC)에 있어서 4.5% 실험구에서

가장 높은 수치를 보였으나 4.75% 실험구와는 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 혈액내 총단백질에 있어서 만복구에서 가장 높은 수치가 나타났으며 4.75% 실험구와는 유의한 차이가 없었다. 글루코스(glucose)에 있어서 4.5% 실험구에서 가장 높은 수치를 보였으며, 다른 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$). 또한 0% 실험구에서 가장 낮은 수치를 보였으며, 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). GOT (glutamic oxaloacetic acid)에 있어서 0% 실험구는 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 높은 수치를 보였다($P<0.05$).

Table 8는 형태학적 분석 결과를 나타낸 것이다. 비만도(condition factor, CF)에 있어서 4.0% 실험구에서 가장 높은 수치가 나타났으나 0%, 4.75% 및 만복구(SA)를 제외한 모든 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 0% 실험구에서 가장 낮은 수치를 보였으며, 4.75% 실험구 및 만복구(SA)보다 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)에 있어서 만복구(SA)에서 가장 높은 수치가 나타났으나, 4.75% 실험구와는 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 0% 실험구에서 가장 낮은 수치가 나타났으며, 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P<0.05$). 내장중량지수(visceral somatic index, VSI)에 있어서 만복구(SA)에서 가장 높은 수치를 보였으며 0%, 3.0% 및 3.5% 실험구를 제외한 모든 실험구와는 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$).

Table 9는 전어체 성분 분석 결과를 나타낸 것이다. 수분함량에 있어서 0% 실험구에서 76.6%로 가장 높은 수치를 나타냈으며 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$). 3.0%, 4.0% 및 4.25% 실험구에서는 유의한 차이가 나타나지 않았지만($P>0.05$), 4.5%, 4.75% 및 만복구(SA)에 비해서는 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$). 조단백함량에 있어서 3.5%에서 71.2%로 가장 높은 수치를 보였으나, 4.0% 실험구와는 유의한

차이가 나타나지 않았다($P < 0.05$). 0% 실험구에서 61.9%로 가장 낮은 수치를 나타냈으며, 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P > 0.05$). 조지방함량에 있어서 만복구(SA)에서 13.5%로 가장 높은 수치를 보였으며, 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P > 0.05$). 0% 실험구에서 3.2%로 가장 낮은 수치가 나타났으며, 다른 실험구에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P < 0.05$). 조회분함량에 있어서 0% 실험구에서 27.8%로 가장 높은 수치를 보였으며, 다른 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 만복구에서 가장 낮은 수치를 보였으나, 4.75% 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

증체율(body weight, BW)을 이용하여 Broken line analysis을 통한 분석결과 고수온기 넘치치어 5g에 있어서 상업용 배합사료의 적정 공급량은 4.76% body weight/day로 나타났다.

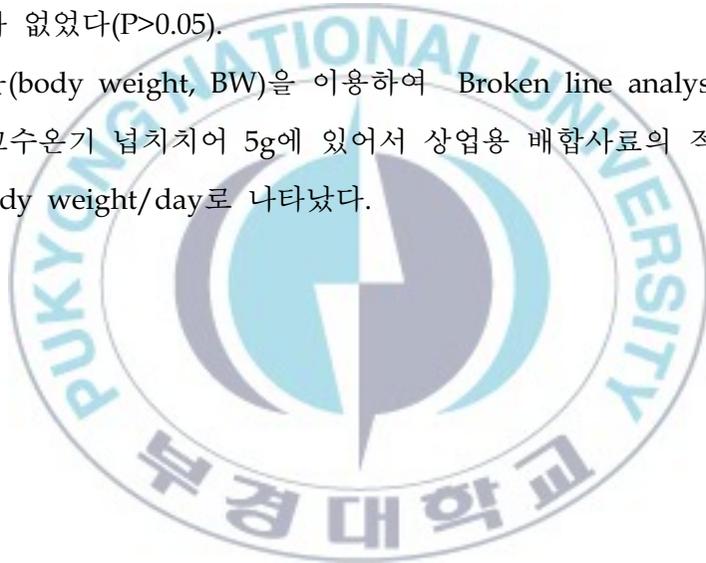


Table 6. Growth performance of juvenile olive flounder fed commercial diet at the high water temperature season¹

	Diets								Pooled ¹⁰ SEM
	0%	3.0%	3.5%	4.0%	4.25%	4.5%	4.75	SA ²	
IW ³	5.5	5.6	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	0.01
FW ⁴	4.3	12.9	14.0	15.0	15.9	16.9	17.4	17.9	1.55
WG ⁵	-22.3 ^f	131.7 ^e	150.3 ^c	171.2 ^c	187.4 ^c	205.5 ^b	210.3 ^{ab}	225.6 ^a	0.36
SGR ⁶	-1.2 ^f	3.8 ^e	4.2 ^d	4.7 ^{ab}	4.8 ^c	5.1 ^b	5.2 ^{ab}	5.4 ^a	0.21
FE ⁷	-	138.4 ^a	136.5 ^a	137.8 ^a	135.4 ^{ab}	128.8 ^{ab}	123.0 ^b	109.1 ^c	2.32
PER ⁸	-	2.3 ^{ab}	2.4 ^a	2.3 ^{ab}	2.2 ^{abc}	2.2 ^{abc}	2.1 ^c	1.9 ^d	0.05
Survival ⁹	20 ^c	90 ^b	97.5 ^a	100 ^a	100 ^a	97.5 ^a	100 ^a	85 ^b	4.62

¹Values are means from quadruplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: satiation (5.02%)

³IW: initial weight (g / fish)

⁴FW: final weight (g / fish)

⁵WG: weight gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight

⁶SGR: specific growth rate (%/day) = (log_e final weight - log_e initial weight / days

⁷FE: feed efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) / 100

⁸PER: protein efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁹Survival(%) = number of fish at end of experiment / number of fish stocked × 100

¹⁰Pooled SEM: pooled standard error of mean: SD / \sqrt{n} .

Table 7. Serological characteristics of juvenile olive flounder fed commercial diet at high water temperature season¹

	Diets								Pooled ¹¹ SEM
	0%	3.0%	3.5%	4.0%	4.25%	4.5%	4.75%	SA ²	
RBC ³	3.7 ^a	3.2 ^b	2.9 ^c	2.7 ^d	3.0 ^c	3.2 ^b	2.9 ^c	3.0 ^c	0.06
HCT ⁴	28.5 ^{bc}	28.8 ^{bc}	22.7 ^{de}	20.9 ^e	25.4 ^{cd}	30.9 ^b	52.8 ^a	49.4 ^a	2.35
HGB ⁵	4.6 ^c	5.2 ^b	5.2 ^b	5.2 ^b	5.2 ^b	5.4 ^a	5.3 ^a	5.2 ^b	0.05
WBC ⁶	40.0 ^e	58.5 ^{cd}	53.8 ^b	65.8 ^{bc}	66.2 ^{bc}	81.6 ^a	75.7 ^{ab}	68.7 ^{bc}	2.63
TP ⁷	1.05 ^e	2.05 ^d	2.80 ^c	3.10 ^b	3.10 ^b	3.10 ^b	3.15 ^{ab}	3.20 ^a	0.17
Glucose ⁸	8.5 ^g	16.0 ^e	25.0 ^c	22.0 ^d	30.5 ^b	41.0 ^a	25.0 ^c	13.0 ^f	2.50
GOT ⁹	54.0 ^a	21.0 ^b	7.5 ^d	10.5 ^c	5.0 ^e	8.5 ^d	3.9 ^e	3.4 ^e	4.19

¹Values are means from quadruplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: satiation (5.02%)

³RBC: red blood cell ($\times 10^6$ cell/ug)

⁴HCT: hematocrit(%)

⁵HGB: hemoglobin(%)

⁶WBC: white blood cell ($\times 10^6$ cell/ug)

⁷TP: total protein: g / dL

⁸Glucose: mg / dL

⁹GOT: glutamic oxaloacetic transaminase (IU / L)

¹⁰Pooled SEM: pooled standard error of mean: SD / \sqrt{n} .

Table. 8 Morphological parameters of juvenile olive flounder fed commercial diet at the high water temperature season¹

	Diets								Pooled ⁶ SEM
	0%	3.0%	3.5%	4.0%	4.25%	4.5%	4.75%	SA ²	
CF ³	0.59 ^c	0.92 ^{ab}	0.88 ^{ab}	0.95 ^a	0.92 ^{ab}	0.92 ^{ab}	0.91 ^b	0.91 ^b	0.03
HSI ⁴	0.8 ^d	1.3 ^c	1.3 ^c	1.4 ^c	1.5 ^{bc}	1.5 ^{bc}	1.6 ^{ab}	1.7 ^a	0.05
VSI ⁵	5.4 ^d	7.1 ^c	7.4 ^{bc}	7.9 ^{ab}	8.0 ^{ab}	8.1 ^a	8.1 ^a	8.3 ^a	0.16

¹Values are means from quadruplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²SA: satiation (5.02%)

³CF: Condition Factor = body Weight / total body length³

⁴HSI: hepatosomatic index = liver weight / body weight \times 100

⁵VSI: visceralsomatic index = visceral weight / body weight \times 100

⁶Pooled SEM: pooled standard error of mean: SD / \sqrt{n} .

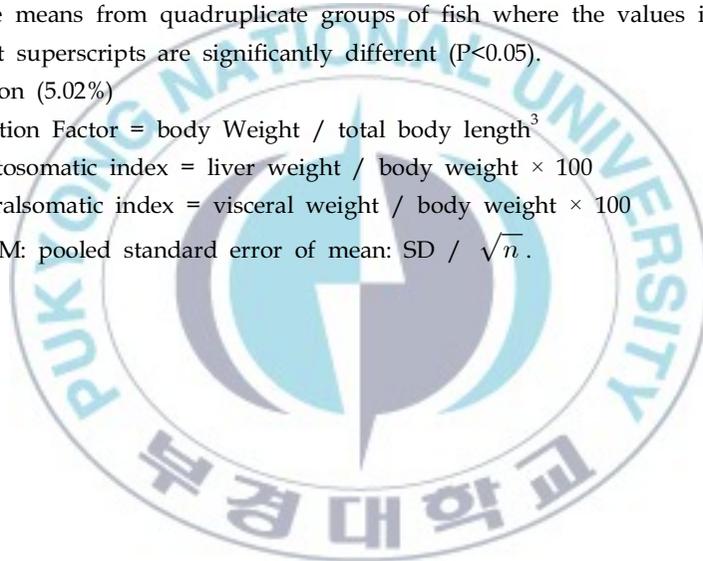


Table. 9 Whole-Body proximate composition of juvenile olive flounder fed commercial diet at high water temperature season.¹

	Diets								Pooled ³ SEM
	0%	3.0%	3.5%	4.0%	4.25%	4.5%	4.75%	SA ²	
Moisture (%)	76.6 ^a	76.2 ^b	76.2 ^b	76.3 ^b	76.1 ^b	75.8 ^c	75.5 ^d	75.2 ^e	0.11
Crude protein(%)	61.9 ^e	67.6 ^c	71.2 ^a	70.1 ^{ab}	69.4 ^b	68.8 ^{bc}	67.5 ^c	63.9 ^d	0.76
Crude lipid(%)	3.2 ^e	8.8 ^d	8.7 ^d	11.3 ^c	11.4 ^c	11.6 ^c	12.5 ^b	13.5 ^a	0.79
Ash(%)	27.8 ^a	16.9 ^b	17.7 ^b	15.5 ^c	15.6 ^c	15.7 ^c	15.2 ^{cd}	14.7 ^d	1.04

¹Values are means from quadruplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different (P<0.05).

²SA: satiation (5.02%)

³Pooled SEM: pooled standard error of mean: SD / \sqrt{n} .

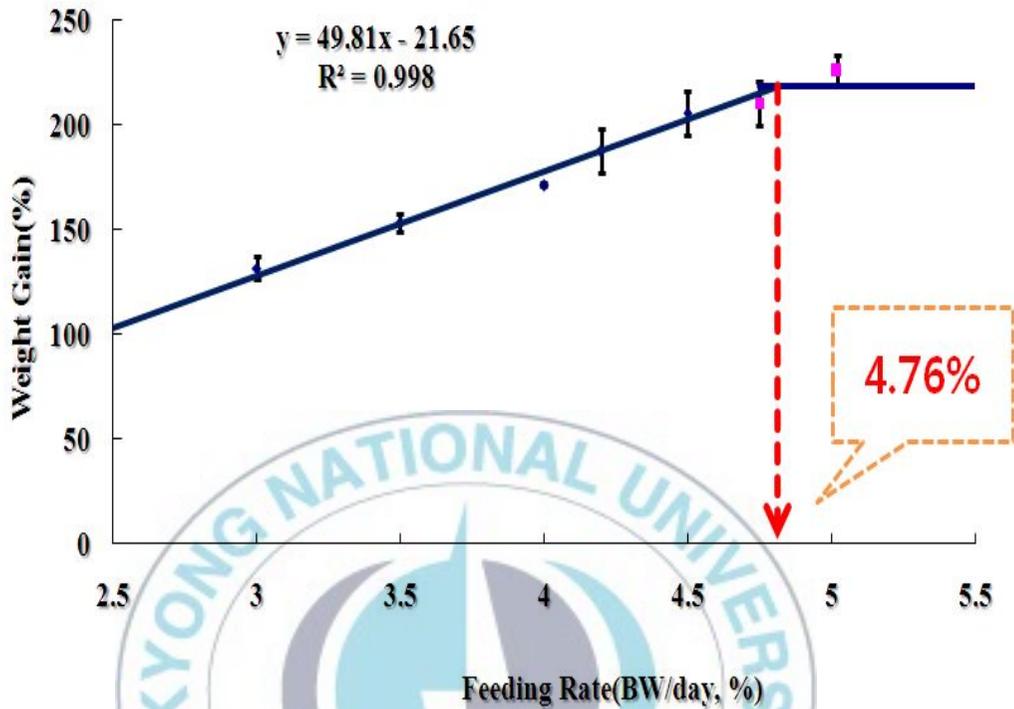


Fig 2. Broken line analysis of weight gain (WG, %) for optimum feeding rate of juvenile olive flounder fed commercial diet at high temperature season.

제 4 장 논 의

현재 세계 양식 선진국은 환경친화적이고 지속적인 양식산업으로 나아가기 위해 생사료의 공급 체계를 벗어나 양질의 배합사료 개발과 함께 체계적인 사료공급이 이루어지고 있는 실정이다. 사료공급에 있어 적정 공급 횟수와 공급율은 대상 어종의 크기와 사육환경에 영향을 받으며(Ng et al., 2000; Mihelakakis et al., 2002), 그 중 사육수온은 어류의 사료섭취량에 영향을 미칠 수 있고(Brett and Higgs, 1970), 생체의 영양 대사 속도와 직접적인 관련이 있기 때문에 어류양식시 사육수온에 따른 공급 체계에 대한 연구는 매우 중요하다. 본 실험에서는 넙치 배합사료 공급체계의 연구의 일환으로 저수온 및 고수온기에 있어서 넙치의 상업용 배합사료 공급율을 설정하고자 실시하였다.

저수온 및 고수온기에 있어서 4주간의 실험 기간 동안 증체량(WG)과 일간성장율(SGR)이 제한공급구에 비해 만복공급구에서 높아지는 경향을 나타냈으며, 이는 사료공급율이 증가할수록 어류의 성장이 증가한다는 타 어종에 대해 보고된 결과와 유사한 경향을 보였다(XiaoJun and Ruyung, 1992; Adebayo et al., 2000; Ng et al., 2000; Mihelakakis et al., 2002). 또한 본연구에서는 사료 공급율이 증가할수록 단백질이용율(PER), 사료전환 효율 및 사료효율 등은 감소하는 경향을 나타냈으며, 타 어종의 결과와 유사한 경향이 나타났다(Clark et al., 1990; Hung et al., 1993; Mihelakakis et al., 2002). 본 연구의 두 사육실험 결과, 0% 실험구인 절식구에서는 증체를 감소와 함께 높은 폐사율이 나타났다. Weatherley and Gill(1987)에 의하면 어류에 있어서 충분한 사료를 섭취하지 못하였기 때문에 체내 조직의 축적 에너지를 소모함으로써 생명현상을 유지하게 되고, 이러한 체조직 내의 저장 에너지 사용은 성장감소로 나타날 뿐만 아니라, 어류의 체조

성 및 생존율에도 큰 영향을 미칠 수 있다고 보고되고 있다.

어류의 건강상태, 생리적인 활성 및 체내 대사 장애를 진단하는 수단으로 혈액성분 분석이 많이 사용되고 있으며, 같은 어종이라도 서식환경과 먹이의 종류에 따라 혈액선상의 변화가 나타나는 것으로 알려져 있다 (Nakagawa et al., 1977). 양식어류의 전신상태 및 영양상태의 지표로서 총 단백질 및 글루코스가 대표적으로 쓰이고 있으며, 간기능 지표로서는 GPT 항목이 널리 쓰이고 있다(Jung et al., 2006). 본 연구에서 혈액성분에 있어 헤모글로빈 함량은 저수온기에는 9.4~12.2g/dL로 나타나 일반적인 건강한 어류에서 나타는 헤모글로빈 함량 10g/dL(Post, 1983)과 비교하여 유사한 수치를 나타낸 반면, 고수온기의 경우 4.6~5.2g/dL로 저수온기에 비해 전체적으로 낮은 수치를 보였다. Sim et al(1995)에 의하며 넙치의 질병에 대한 저항력이 높았을 때 헤마토크리트가 정상어류보다 높아질 수 있다고 보고하였으며, 본 실험에서는 오차가 발생하는 일부를 제외하고 반복구에 가까울수록 높은 수치가 나타나는 경향이 보였다. Gordon (1968)는 GOT의 경우 생체 내에서 중요한 당, 지질, 단백질 대사에 관여하는 효소로서 어체 상태가 좋지 않을수록 체내 GOT 수치는 증가한다고 하였으며, 일반적으로 간의 장애에 의해서 그 수치들이 증가한다고 보고되고 있다 (Gordon, 1968). 본 연구의 GOT 수치는 배합사료 공급율이 절식구로 갈수록 증가하는 경향이 나타났다.

본 연구에 형태학적 분석에 있어서는 비만도의 경우, 배합사료 공급율이 증가할수록 수치가 높아지는 경향을 보였다가, 반복공급으로 갈수록 다시 낮아지는 경향이 나타났다. 간중량과 내장중량지수에 있어서 0% 실험구인 절식구에 가까울수록 수치가 낮아지는 경향이 나타났다. 이는 먹이의 절대적 부족으로 인하여 체내의 지질 및 내장 축적지질이 에너지원으로 사용되기 때문에 함량이 낮아진다고 보고되고 있다(Lee et al., 1996).

본 연구에서 배합사료 공급율이 0%인 절식구의 경우 전어체 성분에 있어서 조단백, 조지질 함량이 감소한 반면, 조회분과 수분 함량은 증가하는 경향이 나타났다. Lee and Hur(1993)은 조피블락을 10주간 절식시키며 기

간별로 전어체의 성분변화를 조사한 결과, 최초 어체에 비하여 수분 함량은 절식기간이 지남에 따라 증가한 반면, 단백질 및 지질함량은 감소하였으며, 지질의 감소비율이 단백질에 비하여 더 높았다고 보고하였으며, Kim et al(2007)의 연구와 본 연구에서도 유사한 경향이 나타났다. 지질함량에 있어서 고수온기보다 저수온기에 전체적으로 더 높은 수치의 경향이 나타났다. 이는 어류는 변온동물로서 수온이 낮아질수록 소화효소의 활성 및 대사율이 감소하게 되지만, 이와 반대로 사료 섭취율이 같을 경우에 수온이 상승한다면, 어류의 소화효소의 활성 및 대사가 증가되지 않고 체내에 축적되어 지방의 함량을 증대 시킬 수 있다고 보고되고 있다(Fange and Grove ,1979; Fauconneau et al., 1983)

증체율을 통한 Broken line analysis 분석을 통한 넙치 치어(5-9g) 상업용 배합사료의 적정 공급율은 저수온기에는 2.08% bw/day, 고수온기에는 4.76% bw/day로 각각 나타났다. Okorie(2010)에 의하면 적정수온에서의 상업용 배합사료의 적정 공급율은 5g 치어의 경우 4.83% bw/day, 10g 치어의 경우 4.52% bw/day로 보고되었으며, 본 고수온기에 이루어진 연구와 유사한 수준이 나타났다. 반면 넙치 치어 18g 내외를 대상으로 한 여름철 배합사료 공급율 연구에서는 어체중 당 3.5% 내외(choi et al., 2008), 넙치 치어 4g에서의 배합사료 공급율 연구에서는 어체중 당 2.63-2.78% (kim et al., 2007)로 각각 나타났으며, 본 연구와는 달리 낮은 수치가 나타났다. 이는 사료원 구성, 에너지 비, 사육밀도, 사료물성 등에 따라 사료공급율은 달라질 수 있다고 보고되고 있다(Deng et al., 2003).

제 5 장 요약

본 연구는 국내 양식어종으로 가장 많이 사육되고 있는 넙치에 있어서 배합사료 공급체계연구의 일환으로 저수온기와 고수온기에 넙치치어의 상업용 배합사료 공급율을 규명하고자 실시하였다. 실험어류는 각각 평균 $7.71 \pm 0.13\text{g}$ 과 $5.54 \pm 0.04\text{g}$ 의 넙치 치어를 사용하였다. 실험사료는 (주)수협사료의 넙치부상사료(extruded pellet) 4호를 사용하였다.

저수온기에 있어서 넙치치어의 상업용 배합사료의 적정공급을 설정을 위한 4주간의 실험결과, 생존율(survival)에 있어서 2.0%에서 가장 높은 수치가 나타났으나 2.25%, 만복구와는 유의한 차이가 없었고($P > 0.05$), 0%, 1.0% 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 증체율(weight gain, WG)과 일간성장율(specific growth rate, SGR)에 있어서 만복구(SA)에 가장 높은 수치를 보였으나, 2.0%, 2.25%, 2.5% 실험구와는 유의한 차이가 없었으며($P > 0.05$), 0% 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)에 있어서는 실험구간에 유의한 차이는 없었다($P > 0.05$).

고수온기에 있어서 넙치치어의 상업용 배합사료의 적정공급을 설정을 위한 4주간의 실험결과, 생존율(survival)에 있어서 4.0%, 4.25% 및 4.75% 실험구에서 각각 가장 높은 수치를 보였으나 4.25%, 4.5% 실험구와는 유의한 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 0% 실험구는 가장 낮은 수치를 보였으며 1.0%와 만복구(SA)에 비해 유의하게 낮게 나타났다($P < 0.05$). 증체율(weight gain, WG)과 일간성장율(specific growth rate, SGR)에 있어서 만복구(SA)에 가장 높은 수치가 나타났으며, 4.75% 실험구를 제외한 모든 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)에 있어서 3.0% 실험구에서 가장 높은 수치를 나타냈으며, 4.75% 실험

구, 만복구(SA)를 제외한 모든 실험구와는 유의한 차이가 없었다($P < 0.05$).

증체율을 통한 Broken line analysis 분석을 통한 넙치 치어(5-9g) 상업용 배합사료의 적정 공급율은 저수온기에는 2.08% bw/day, 고수온기에는 4.76% bw/day로 각각 나타났다.



제 6 장 감사의 글

부족한 저에게 학문의 길로 이끌어 주신 배승철 교수님의 노고와 은혜에 감사드리며, 아울러 바쁘신 와중에도 세심한 조언으로 논문을 다듬어주신 김창훈 교수님과 김종명 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 저에게 양식 지식을 전해주신 허성범 교수님, 김동수 교수님 장영진 교수님과 공승표 교수님께도 감사드립니다. 타지생활을 하면서 어려움 없이 지낼수 있도록 배려해주신 배승철 교수님, 실험실 일원들(배준영 박사님, 오코리 박사님, 마흐무드, 용현이형, 건현이, 현호, 진혁이), 사료연구소 일원들에게 진심으로 감사드리고 지금까지 저의 논문에 많은 도움을 주었던 이준호 실장과 유의에게 마음속 깊이 감사드리며, 그 외(이상민 교수님, 이경준 교수님, 손맹현 센터장님, 김강웅 박사님, 김경덕 박사님, 김신권 박사님, 김영철 박사님, 유광열 선배님, 구자완 선배님, 허셋별 선배님, 김성삼 선배님, 정종균 선배님, 송진우, 김동규, 박창범, 이승현, 조유경.....)분의 도움에 정말 감사드립니다. 저를 양식과 인연을 맺어주시고 돌봐주신 김원택 소장님, 장기봉 교수님, 정관식 교수님, 고헌정 박사님, 이시우 박사님, 주현박사님, 김인겸 선배님, 김종창 선배님, 정성권 선배님, 양준혁, 김홍범 선배님, 사랑하는 우리 선후배님들(남석이형, 주영이, 용현이, 찬원이, 종용이, 미선이, 유미, 현주, 주혜, 탐이나, 록은이, 성만이) 진심으로 감사합니다. 마지막으로 철없는 자식을 끊임없이 지켜봐 주시고 묵묵히 뒷바라지 해주신 사랑하는 할머니, 아버지, 어머니께 감사드리며, 내 사랑스러운 동생들 미선이 승미, 찬원이, 새로운 가족구성원인 매제와 곧 태어날 이쁜 조카에게 감사에 말씀드립니다. 마지막으로 저의 영원한 룸메이트 김동주에게 감사의 말씀드립니다. 이 밖에도 감사드릴 분들이 많습니다. 더 나은 모습으로 그분들 앞에 서는 것이 제가 조금이나마 보답하는 길이라고 생각합니다. 열심히 살겠습니다.

본 연구는 국립수산과학원 사업인 “고효율 배합사료 개발 및 실용화 연구” 일부분으로 이루어졌으며 연구비를 지원해주신 국립수산과학원에도 감사를 드립니다.

제 7 장 참고문헌

- Adebayo, O. T., A. M. Balogun and O.A. Fagbenro, 2000. Effectsof feeding rate on growth; Body composition and economic performance of juvenile clariid catfish hybrid(\varnothing *Clarias gariepinus* \times σ *Heterobranchus bidorsalis*). J. Aquacult. Trop., (15) pp109-117.
- AOAC(Association of Official Analytical Chemists), 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th Edition. Cunniff, P. ed. Association of Official Anaytical Chemists, Inc., Arlington, VA, U.S.A.
- Azzaydi, M., F. J. Martines, S. Zamora, S. Valzquez and J. A. Madrid. 2000. The influence of nocturnal vs. diurnal feeding condition under winter condition on growth and feed conversion of European sea bass(*Dicentrachus labrax* L). J. Aquacult., 182, pp329-338.
- Brett, J. R 1979. Environmental factors and growth pp599-675 in Hoar, W.S., D.J. Randall and j.r. Brett editors, Fish Physiology. Bioenergetics and Growth, vol. VIII. Academic Press, New York, USA.
- Brown B. A. 1980. Routine hematology procedures. In: Hematology Principles and Procedures. Lea and Febiger, Philadelphia, pp71-112.
- Clark, J. H., W. O. Watanabe and D. H. Eranst., 1990. Effect of feeding rate on growth and feed conversion of Florida red tilapia reared in

- floating marine cages. J. World Aquacult. Soc.,(21) pp16-24.
- Cho, S. H., S. M. Lee, B. H. Park, S. M. Lee. 2006, Effect of feeding ratio on growth and body composition of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* fed extruded pellets during the summer season. J. Aquacult., 251. pp78-84
- Choi, Y. U., S. R. and Y. D. Lee, 2002 Effect of water temperature and stocking density on growth of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. J. Aquacult., 15(3) pp131-138.
- Choi, S. M., K. W. Kim, Y. J. Kang, H. S. Park and S. C. Bai, 2008. Optimum dietary lipid level and feeding rates of extruded pellets in juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the summer season. J. Aquacult., 21(4) pp244-251.
- Deng, D. F., S. Koshio, S. Yokoyama, S. C. Bai, Q. Shao, Y. Cui, S. O. Hung, 2003. Effects of feeding rate on growth performance of white sturgeon, *Acipenser transmontanus* larvae, J. Aquacult., 217, pp589-598.
- Eroldogan, O. T., M. Kumlu, M. Aktas, 2004. Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. reared in seawater and freshwater. J. Aquacult., (231), pp501-515.
- FAO. 2009. Fishstat plus, universal software for fishery statistical time series. Food and Aquaculture Organization, United Nations, Rome. Electronic webpage.
- Fauconneau, B., G. Choubert, D. Blanc, J. Breque and P. Luquet. 1983. Influence of environmental temperature on flow rate of foodstuffs through the gastrointestinal tract of rainbow trout. J. Aquacult., 34,

pp27-39

- Fiogbe, E. D., P. Kestemont. 2003. Optimum ration for Eurasian perch, *Perca fluviatilis* L. reared at its optimum growing temperature. J. Aquacult., (216), pp243-252.
- Jung, S H., R. B. Gordon. 1968. Distribution of transaminases (Aminotransferases) in the tissues of the pacific salmon (*Oncorhynchus*), with emphasis on the properties and diagnostic use of emphasis on the properties and diagnostic use of glutamic osaloacetic transaminase. J. Fish. Res. Bd. Can., 25, pp1247-1268e,
- Soon, G. B., B. Y. Jee and H. S. Choi, 2006. Application of veterinary chemistry analyzer used to hematological analysis of marine fish cultured in floating net-cage. J. Fish Pathol., 19(3) pp253-265.
- Heo, S. B. 2008. A preliminary and a commercial scale farm feeding trials to develop the formulated extruded pellet for olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Master's Thesis, pukyong Univ., Pusan, Korea
- Hung, S. S. O., Conte and E. K. Hallen, 1993. Effects of feeding rates on growth, body composition and nutriment metabolism in striped bass (*Morone saxatilis*) fingerlings, J. Aquacult., (112), pp349-361.
- Kim, K. M., K. D. Kim, S. M. Choi, K. W. Kim and Y. J. Kang, 2005 Optimum feeding Frequency of Extruded Pellet for the Growth of juvenile Flounder, *Paralichthys olivaceus* During the Summer Season. J. Aquacult., 18(4) pp231-235
- Kim, Y. U. 2005. Policy of artifical feed supply for marine fish culture in korea, International Symposium on the present Status of Nutrition Research and the Future of Aquaculture Feed in Korea.

- Busan Korea, pp11-16.
- Kim, K. D., Y. J. Kang, K. W. Kim and K. M. Kim. 2007. Effects of feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. World Aquacult. Soc., 38, pp169-173.
- Kim, K. D., M. M. Nam, K. W. Kim, H. Y. Lee, S. B. Hur, Y. J. Kang and M. H. Son. 2009. Effects of feeding rate and feeding frequency on Growth and Body Composition of Sub-adult Flounder, *Paralichthys olivaceus* in Suboptimal Water Temperature. J. Kor. Fish. Soc., 42(3) pp262-267.
- Kim, K. W., Y. J. Kang, K. D. Kim, M. H. Son, S. M. Choi, S. C. Bai and K. J. Lee. 2009. Evaluation of extruded pellet for growth performance of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* on Jeju farm field. J. Kor. Fish Soc., 42(6) pp604-608.
- Lee, S. M. and S. B. Hur. 1993. Effects of dietary n03 highly unsaturated fatty acids on growth and biochemical changes in the Korean rockfish *Sebastes schlegeli* III. Changes of body compositions with starvation. J. Aquacult., (6), pp199-211.
- Lee, S. M and I. G. Jeon, 1996. Evaluation of dr pellet on growth of juvenile Korean rockfish(*Sebastes schlegeli*) by comparing with moist pellet and raw fish based moist pellet. J. Aquacult., 9, pp247-254
- Lee, S. M., C. S. Park and I. C. Bang. 2002. Dietary protein requirement of young Japanese flounder(*Paralichthys olivaceus*). J. Aquacult. Res., 31, pp917-921.

- Mihelakakis, A., C. Tsolkas and T. Yoshimatsu. 2002. Optimization of feeding rate of hatchery-produced juvenile gilthead seabream *Sparus aurata*. J. World Aquacult. Soc., 22, pp169-175.
- Nakagawa, K., and K. Ikuta, 1977. Electrophoretic evidence of seasonal variation of carp plasma albumin. J. Fac. Fish. Aim. Husb. Hiroshima Univ., (16) pp99-106.
- Ng, W. K., K. S. Lu, R. Hashim and A. Ali, 2000. Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. J. Aquacult. Int.,(8) pp19-29.
- NRC(national research council), 1993. Nutrient requirement of fish. National academy Press, Washington DC, USA.
- Okorie, E. O. 2010, A computer simulated feeding program proposed by the optimum feeding rate trials in olive flounder, *Paralichthys olivaceus* at the optimum temperature. Doctor's Thesis, Pukyong Univ., Pusan, Korea.
- 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.
- Post, G. 1983. Nutrition and nutritional diseases of fish In: Textbook of fish health. TFH. publications, Inc., Ltd., 199-207.
- Robbins, K. R., H. W. Norton and D. H. Baker, 1979. Estimation of nutrient requirements from growth data. J. Nut., 109. pp 1710-1714.
- Sim, D. S., S. H. Jung and S. D. Lee, 1995. Changes in blood parameters of the cultured flounder, *Paralichthys olivaceus* naturally infected with *Staphylococcus epidermidis*. Bull. Nat. Fish. Res. Dev.

- Agency, 49. 149-155.
- Tsevis, N., S. Klaoudatos and A. Condes. 1992. Food conversion budget in sea bass *Dicentracus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns. J. Aquacult., 101, 293-304.
- Weatherley, A.H. and H.S. Gill. 1987. The biology of fish growth.4. Protei, lipid and caloric contents. Academic press, London, pp139-146
- XiaoJin, X. and S. Ruyung., 1992. The bioenergetics of the southern catfish(*Scoththalmus maximus*). J. Aquacult., (217) pp547-558.
- 한국해양자료센터 2010. 연안정지관측정보
- 통계청(KOSTAT). 2009. 어류양식동향 조사 결과, 사회통계국 농어업생산 통계과
- 배승철. 2002 '국내외 양식 및 양어사료 산업의 현황 및 국내산업의 발전 방향' 마이엘 9호 14-19