creative commons
COMMONS DEED

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

dCollection

이학박사 학위논문

수온대별 배합사료 크기, 공급횟수 및 수분첨가가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향

2011년 2월

부경대학교 대학원

수산해양학연협동과정

허 샛 별

이학박사 학위논문

수온대별 배합사료 크기, 공급횟수 및 수분첨가가 넙치의 성장과 체조성에 미치는 영향

지도교수 배 승 철

이 논문을 이학박사 학위논문으로 제출함.

2011년 2월

부경대학교 대학원

수산해양학연협동과정

허 샛 별

허샛별의 이학박사 학위논문을 인준함

2011년 2월 일

주 심 영양학 박 사 최 현 주 (인)

부 심 이 학 박 사 조 재 윤 (인)

위 원 이 학 박 사 김 동 수 (인)

위 원 농 학 박 사 김 창 훈 (인)

위 원 영양학 박 사 배 승 철 (인)

목 차

Abstract ····· iv
List of tables ····· x
List of figures ····· xiii

제 1 장 서론 ····· 1
1. 연구 배경 ····· 1
2. 연구 현황 ····· 2
3. 연구 목표 ····· 3

제 2 장 적정수온, 고수온 및 저수온 별 배합사료 크기가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향 ····· 6
1. 서론 ····· 6
2. 실험Ⅰ. 적정수온 치어기 및 육성어기 실험 ····· 8
실험Ⅰ-1. 치어기 사육실험 ····· 8
(1) 연구목표 ····· 8
(2) 재료 및 방법 ····· 8
(3) 결과 및 고찰 ····· 10
실험Ⅰ-2. 육성어기 현장 사육실험 ····· 16
(1) 연구목표 ····· 16
(2) 재료 및 방법 ····· 16
(3) 결과 및 고찰 ····· 18
3. 실험 Ⅱ. 고수온 육성어 사육실험 ····· 30
(1) 연구목표 ····· 30
(2) 재료 및 방법 ····· 30
(3) 결과 및 고찰 ····· 31

4. 실험 Ⅲ. 저수온 미성어기 현장 사육실험 ····· 39
(1) 연구목표 ····· 39
(2) 재료 및 방법 ····· 39
(3) 결과 및 고찰 ····· 41

제 3 장 적정수온 및 저수온에서 배합사료의 공급횟수와 수분첨가가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향 ····· 49
1. 서론 ····· 49
2. 실험 Ⅳ. 적정수온 육성어기 현장 사육실험 ····· 51
(1) 연구목표 ····· 51
(2) 재료 및 방법 ····· 51
(3) 결과 및 고찰 ····· 53
3. 실험 Ⅴ. 저수온 미성어기 현장 사육실험 ····· 62
(1) 연구목표 ····· 62
(2) 재료 및 방법 ····· 62
(3) 결과 및 고찰 ····· 64

제 4 장 종합고찰 ····· 76

제 5 장 요 약 ····· 79

감사의 글 ····· 88

참고문헌 ····· 89

Effects of extruded pellet size, feeding frequency and water addition on growth and body composition of olive flounder *Paralichthys olivaceus* reared in different water temperature

Saet - Byeol, HEO

Department of URIP of Fisheries and Oceanography, Graduate School,
Pukyong National University,
Busan 608-737, Korea

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

ABSTRACT

Experiment Ⅰ- 1 : Effects of extruded pellet size on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* reared in the optimum water temperature.

This study was conducted to investigate the effects of extruded pellet size on growth and body composition of juvenile flounder in the optimum water temperature during the summer season. Four isonitrogenous (50% crude protein) experimental diets were design to pellet diets with several size of 3mm, 5mm, 6mm and 7.5mm size. Olive flounder averaging, 15 ± 0.1g (mean ± SD) were randomly distributed in 12 tanks (1.8 ton each). Pellet diets were hand-fed to apparent satiation in three replicate groups (30 fish per group) of fish twice a daily (09:00h, 17:00h) for 6 weeks. Average water temperature was 16.3 ± 2.3℃ during the feeding trial. Final weight, weight gain (WG), feed efficiency ratio (FER) were significantly higher in fish fed 7.5mm size pellet compared with those of fish fed other size diets, whereas the lowest values were observed in fish fed 3mm size pellet ($P<0.05$). Crude protein content in whole body of fish fed 5mm and 6mm size pellet were significantly higher than that of fish fed other size diets, but not significantly different among dietary treatments ($P<0.05$). Crude lipid content in whole body of fish fed 6mm size pellet was significantly higher than that of fish fed other size diets ($P<0.05$). Based on the results of this study, optimum pellet size for growth performance of juvenile Olive flounder (15～45g) in the optimum water temperature (16.3 ± 2.3℃) could be determined as 11mm.

Experiment Ⅰ- 2 : Effects of extruded pellet size and feeding methods on growth and body composition of grower flounder *Paralichthys olivaceus* reared in the optimum water temperature.

This study was conducted to evaluate the effects of extruded pellet size and same volume on growth and body composition of commercial scale farm feeding trial grower flounder, reared in the optimum water temperature. Three replicated groups of fish (initial mean weight of (103 ± 3g) were fed to apparent satiation with two different size diet and two different feeding method (A: 9mm-limit feeding, B: 6mm-limit feeding, C: 9mm-full feeding, D: 6mm-full feeding) for eight weeks.

At the end of feeding trial, survival rate was not significantly different according to the diet size and feeding method ($P>0.05$). Final weights of fish fed diet A and C diets were significantly higher ($P<0.05$) than those of fish fed B and D diet. But final weight of the fish in the top 30% range was the highest in the fish fed C diet among dietary treatments ($p<0.05$). And the final body weight of the fish in the lower 10% range was the lowest in the fish fed D diet compares with others groups ($p<0.05$). Feed efficiency in fish fed A diet was significantly higher than those of fish fed other diets ($P<0.05$). Moisture, crude protein and ash contents of the liver were not significantly different after 8 weeks of feeding in all groups. Content of lipid in liver appeared to be the highest in the fish fed A diet ($p<0.05$). Based on the results of this study, optimum pellet size for growth performance of grower Olive flounder (103～264g) in the optimum water temperature (22 ± 7℃) could be determined as 9mm and optimum limited feeding was more efficient than satiation feeding.

Experiment Ⅱ : Effects of extruded pellet size on growth and body composition of grower flounder *Paralichthys olivaceus* reared in the upper-optimum water temperature.

This study was conducted to investigate the effects of extruded pellet size on growth and body composition of grower flounder in the upper-optimum water temperature. Four isonitrogenous (50% crude protein) experimental diets were design to different size pellet of 6mm, 7.5mm, 9mm and 11mm. Olive flounder, averaging weight, 130 ± 2g (mean ± SD) were randomly distributed in 12 tanks (1.8 ton each). Each pellet diet was hand-fed to apparent satiation in three replicate groups (20 fish per group) twice a daily (09:00h, 17:00h) for 6 weeks. Average water temperature was 22.4 ± 4.5℃ during the feeding trial. At the end of the feeding trial, no significant differences were observed in the survival and feed efficiency between dietary treatments ($P>0.05$). Final weight gain was the highest in the fish fed the 11mm size diet, whereas the lowest value was observed in the fish fed 6mm size diet ($P<0.05$). Moisture content in liver of the fish fed 6mm size diet was significantly higher than those of fishes fed other diets, Fish fed the 11mm size diet showed higher lipid content in liver compared with other size diets ($P<0.05$). Based on the results of this study, optimum pellet size for the growth performance of grower flounder (132～315g) in the upper-optimum water temperature (22.4 ± 4.5℃) could be determined as 11mm.

Experiment Ⅲ : Effects of extruded pellet size on growth and body composition of commercial scale farm feeding trial young adult flounder *Paralichthys olivaceus* reared in the sub-optimum water temperature.

This study was conducted to investigate the effects of extruded pellet size on growth and body composition of commercial scale farm feeding trial young adult flounder reared in the sub-optimum water temperature. Four isonitrogenous (50% crude protein) experimental diets were design to different size pellet of 8mm, 11mm, 11mm with water and 15mm size. Olive flounder, averaging weight, 423 ± 2g (mean ± SD) were randomly distributed in 12 tanks (30m^2, 15 ton each). Each pellet diet was hand-fed to apparent satiation in three replicate groups (1000 fish per group) of fish twice a daily (08:00h, 16:00h) for 8 weeks. Average water temperature was 13 ± 4℃ during the feeding trial. At the end of the feeding trial, no significant differences were observed in the survival ($P>0.05$) and final weight among dietary treatments ($P<0.05$). Weight gain (WG), feed efficiency ratio (FER) were significantly higher in the fish fed 15mm size pellet than those of fish fed other size diets, whereas the lowest value was observed in the fish fed 8mm size pellet ($P<0.05$). Based on the results of this study, optimum pellet size for growth performance of young adult flounder (421～546g) in the sub-optimum water temperature (13 ± 4℃) could be determined as 15mm.

Experiment Ⅳ : Effect of feeding frequency and water addition of extruded pellet on growth and body composition of grower flounder P*aralichthys olivaceus* reared in the optimum water temperature.

This study was conducted to evaluate the effect of feeding frequency and water addition of extruded pellet on growth and body composition of grower flounder reared in the optimum water temperature (22 ± 7℃). Two replicated groups of fish (initial mean weight of 84g) were fed to apparent satiation with five different feeding frequencies and water addition (A: three times per day without water, B: two times per day without water, C: two times per day with water, D: one time in the morning without water, E: one time in the afternoon without water) for three months. Final weight and weight gain (WG) were significantly higher in the fish fed diet A than the fishes in other dietary treatments ($P<0.05$). Survival rate and feed efficiency ratio (FER) were not significantly different among dietary treatments ($P>0.05$). Crude protein and lipid contents in muscle, liver and intestine were not significantly affected by the dietary treatments ($P>0.05$). These data suggested that optimum feeding frequency is three times feeding per day, and addition of water into the pellet diet is not necessary for the growth performance of grower flounder (84～305g) raising in the optimum water temperature (22 ± 7℃).

Experiment Ⅴ : Effect of feeding frequency and water addition of extruded pellet on growth and body composition of young adult flounder P*aralichthys olivaceus* reared in water with sub-optimum temperature.

This study was conducted to evaluate the effect of feeding frequency and water addition of extruded pellet on growth and body composition of young adult flounder reared in the sub-optimum water temperature (12 ± 3℃). Two replicated groups of fish averaging 621 ± 15g (mean ± SD) were fed to apparent satiation with four different feeding frequencies and water addition (A: two times per day with water, B: two times per day without water, C: one time per day with water, D: one time day without water) for three months. Final weight, weight gain (WG), feed efficiency ratio (FER) and survival rate were not significantly different among dietary treatments ($P>0.05$). Crude protein content in dorsal muscle of fish fed diet A was significantly higher than those of fish fed other diets, but was not significantly affected by dietary treatments, except for diet A ($P<0.05$). Crude lipid content in dorsal muscle of the fish fed diet C was significantly higher than those of fish fed other diets ($P<0.05$). Intestinal crude protein contents of fish fed diet B, C and D were significantly higher than those of fish fed diet A ($P<0.05$). Intestinal crude lipid content of fish fed diet B was significantly higher than those of fish fed other diets ($P<0.05$). Based on the results of this study, the optimum feeding frequency is one time feeding per day for growth performance of young adult flounder (621～722g) raised in the sub-optimum water temperature (12 ± 3℃).

List of Tables

Table 1. Domestic aquaculture production and prices ····· 4
Table 2. production of commercial extruded pellet ····· 5
Table 3. Proximate composition of for juvenile flounder fed commercial EP diet at the optimum water temperature ····· 10
Table 4. Effects of juvenile flounder fed the different size extruded pellets for 6 weeks at the optimum water temperature ····· 12
Table 5. Proximate composition (%) of whole body for juvenile flounder fed EP diet during 6 weeks at the optimum water temperature ····· 12
Table 6. Proximate composition (%) of for grower flounder fed Commercial EP diet at the optimum water temperature ···· 18
Table 7. Effects of grower flounder fed the different size extruded pellets for 8 weeks at the optimum water temperature ····· 22
Table 8. Weight gain (%) of grower flounder fed the differential size extruded pellets for 8 weeks at the optimum water temperature ····· 23
Table 9. Feed efficiency (%) of grower flounder fed the differential size extruded pellets for 8 weeks at the optimum water temperature· ····· 23
Table 10. Survival rate (%) of grower flounder fed the differential size extruded pellets for 8 weeks at the optimum water temperature ····· 23
Table 11. Proximate composition (%) of liver for grower flounder fed EP diet during 8 weeks at the optimum water temperature ···· 24

Table 12. Changes of feeding rate water temperature (℃) for grower flounder fed commercial farm feeding ····· 24
Table 13. Proximate composition (%) of for grower flounder fed Commercial EP diet at the upper-optimum water temperature ····· 31
Table 14. Effects of grower flounder fed the different size extruded pellets for 6weeks at the upper-optimum water temperature · 34
Table 15. Proximate composition (%) of liver for grower flounder fed EP diet during 6 weeks at the upper-optimum water temperature ····· 34
Table 16. Weight of experimental diets on feed size ····· 35
Table 17. Proximate composition (%) of for young adult flounder fed Commercial EP diet at the sub-optimum water temperature ·· ····· 41
Table 18. Effects of young adult flounder fed the different size extruded pellets for 6 weeks at the sub-optimum water temperature ·· ····· 44
Table 19. Proximate composition (%) of liver for young adult flounder fed EP diet during 8 weeks at the sub-optimum water temperature ····· 44
Table 20. Weight of experimental diets on feed size ····· 45
Table 21. Proximate composition (%) of for young adult flounder fed EP and dorsal muscle diets diet at the optimum water temperature ····· 53
Table 22. Effects of young adult flounder fed the extruded pellets for 3 months at the optimum water temperature ····· 57
Table 23. Proximate composition (%) of dorsal muscle and liver for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the optimum water temperature ····· 58

Table 24. Proximate composition (%) of intestinal organs for young adult flounder fed EP diets during 3 months at the optimum water temperature ····· 59
Table 25. Proximate composition (%) of for young adult flounder fed EP and dorsal muscle diets at the sub-optimum water temperature ····· 64
Table 26. Effects of young adult flounder fed the extruded pellets for 3 months at the sub-optimum water temperature ····· 68
Table 27. Final weight (g, Two way anova) for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the sub-optimum water temperature ····· 69
Table 28. Weight gain (%, Two way anova) for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the sub-optimum water temperature ····· 69
Table 29. Feed efficiency (%, Two way anova) for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the sub-optimum water temperature ····· 70
Table 30. Feeding rate for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the sub-optimum water temperature ····· 71
Table 31. Proximate composition (%) of dorsal muscle, liver and intestine for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the sub-optimum water temperature ····· 72
Table 32. intestinal organs for young adult flounder fed EP diets during 3 months at the sub-optimum water temperature ····· 73

List of Figures

Fig. 1. Annual water temperature variation of East sea (Pohang) ····· 7
Fig. 2. Changes of water temperature (℃) for experimental period ····· 13
Fig. 3. Final weight of juvenile flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the optimum water temperature ····· 13
Fig. 4. Weight gain of juvenile flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the optimum water temperature ····· 14
Fig. 5. Feed efficiency (DM) of juvenile flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the optimum water temperature ···· 14
Fig. 6. Survival rate of juvenile flounder fed the experimental diets for 6 weeks feeding trial at the optimum water temperature ····· 15
Fig. 7. Crude lipid of juvenile flounder fed the experimental diets for 6 weeks feeding trial at the optimum water temperature ····· 15
Fig. 8. Changes of water temperature (℃) for Experimental period ····· 25
Fig. 9. Higher 30% final weight of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature ····· 25
Fig. 10. Lower 10% final weight of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature ····· 26
Fig. 11. Final weight of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature ····· 26
Fig. 12. Weight gain of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature ····· 27

Fig. 13. Feed efficiency (DM) of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature ····· 27
Fig. 14. Survival of young grower fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature ····· 28
Fig. 15. Crude lipid of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature ····· 28
Fig. 16. Changes of feeding rate water temperature (℃) for commercial farm feeding ····· 29
Fig. 17. Changes of water temperature (℃) for experimental period ···· 35
Fig. 18. Final weight of grower flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the upper-optimum water temperature ·· 36
Fig. 19. Weight gain of grower flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the upper-optimum water temperature ·· 36
Fig. 20. Feed efficiency(DM) of grower flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the upper-optimum water temperature ····· 37
Fig. 21. Survival rate of grower flounder fed the experimental diets for 6 weeks feeding trial at the upper-optimum water temperature ···· 37
Fig. 22. Crude protein of grower flounder fed the experimental diets for 6 weeks feeding trial at the upper-optimum water temperature ·· 38
Fig. 23. Changes of water temperature (℃) for experimental period ··· 45
Fig. 24. Final weight of young adult flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature ····· 46
Fig. 25. Weight gain of young adult flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the

sub-optimum water temperature ····· 46
Fig. 26. Feed efficiency (DM) of sub-adult flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature ····· 47
Fig. 27. Survival of sub-adult flounder fed the experimental diets for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial····· 47
Fig. 28. experimental diets (Extruded pellet) ····· 48
Fig. 29. Changes of water temperature (℃) for experimental period ·· 59
Fig. 30. Final weight of oliver flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature ····· 60
Fig. 31. Weight gain of oliver flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature ····· 60
Fig. 32. Feed efficiency (DM) of oliver flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial ····· 61
Fig. 33. Survival rate of oliver flounder fed the experimental diets for 3 months in the commercial scale farm feeding trial ····· 61
Fig. 34. Changes of water temperature (℃) for experimental period ·· 73
Fig. 35. Final weight of sub-adult flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature ····· 73
Fig. 36. Weight gain of sub-adult flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature ····· 74
Fig. 37. Feed efficiency (DM) of sub-adult flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm at the sub-optimum water temperature ····· 74

Fig. 38. Survival rate of sub-adult flounder fed the experimental diets for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature ····· 75
Fig. 39. Adult flounder (3kg size) fed extruded pellet ····· 78

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

제 1 장 서 론

1. 연 구 배 경

태고부터 인류의 중요한 단백질 식량공급원의 하나로 이용되었던 수산물은 세계인구증가에 따른 전 세계적인 식량대란의 예상으로 인해 중요한 자원으로 인식되어 왔으나, 최근 어획량의 감소로 잡는 어업에서 기르는 어업으로의 전환, 즉 양식을 통해 그 수요를 충족하고자 양식업의 중요성과 필요성이 대두되고 있다. 우리나라의 대표적인 양식어종은 넙치와 조피볼락이다. 이 중 넙치는 경골어강, 가자미목, 넙치과에 속하며, 학명은 *Paralichthys olivaceus* (Themminck et Schlegel)이고, 영명: Olive flounder, Japanese flounder, Bastard halibut, 일명: ヒラメ(Hirame), 平目, 比目魚라 불리우는 어종이다. 우리나라 넙치 양식은 1980년대 들어 자연산으로 수정란을 생산하여 인공종묘 생산기술에 성공하였고, 현재 양식기술의 발전으로 종묘생산부터 양성까지 완전양식이 이루어져 그 생산량은 해마다 상승하고 있다(Table. 1). 양식산 넙치는 콜라겐(collagen) 함량이 높아 단단하고 씹는 맛이 좋을 뿐 아니라 DHA, EPA 같은 불포화 지방산의 함량이 높아 성인병 예방과 뇌의 활성을 도와 웰빙푸드(Well-being food)로 각광 받고 있는 한국인이 가장 선호하는 횟감이기도 하다.

우리나라 국민들은 일반적으로 양식산 어류 보다는 자연산 어류를 더 선호하며, 그 인식은 자연산 어류가 양식산 어류에 비해 질감 및 기호도가 우수하다고 생각하는데, 이것은 자연산에 대한 막연한 기대감 때문이라 할 수 있다. 그리고 양식산 중에서도 습사료(Moist pellet)로 사육한 넙치가 배합사료(Extrude pellet)로 사육된 넙치에 비해 육질이 더 좋다는 인식이 팽배했었으나, 넙치의 경우 생사료나 배합사료로 사육된 넙치가 영양학적 측면이나, 맛, 풍미, 질감 및 조직감 등에서 큰 차이가 없다는 어체성분 품질평가에 관한 연구들이 보고되고 있고(Jang et al., 2009, Kim et al., 2007), 성장에서 또한 차이가 없다는 결과도 보고되고 있다(Heo., 2008).

근래에 들어 국내 넙치 양식은 내국인 기피 직종으로 심각한 인력부족을 격어 외국인 산업연수생을 도입하기에 이르렀고, 중국산 넙치의 수입 등으로 시판가격은 정체되어 있는 추세이며, 시설유지비는 지속적으로 상승하는 실정이다. 어분 가격의 상승으로 인한 배합사료가격의 폭등은 양식현장에서 또 하나의 유지비 상승으로 이어지고, 배합사료로의 전환을 저해하는 요인이기도 하다. 그동안의 배합사료 연구는 습사료(MP)와의 성장도의 차이를 줄이기 위해 노력을 하였는데, 결론적으로 이는 값비싼 원료로 값비싼 사료를 만드는 결과를 가져왔다.

생사료 위주의 넙치 양식은 수질오염과 어류의 질병발생을 야기 시켜왔다. 넙치 양식은 이제 친환경적인 배합사료로의 전환점에 있다. 정부도 친환경 배합사료 사용을 제도적으로 뒷받침하여 적극 권장하고 있어, 그 사용량은 점차적으로 증가되는 추세에 있기는 하나(Table. 2), 아직도 양식현장에서는 습사료(Moist pellet)에 비해 성장과 비만도가 떨어지는 배합사료(Extruded pellet)의 사용을 기피하고 있다. 습사료와 비교하여 작업량 감소, 인건비 절약, 보관용이 등 많은 장점을 가진 배합사료는 그 사용 방법이 특별히 알려진 바가 없어 양식장 별로 그 공급방법이 천자 만별이며, 넙치의 최대성장과 배합사료를 보다 효율적으로 사용하기 위한 사용방법이나, 올바른 사용지침도 알려진 바가 없어 배합사료의 공급에 있어서 체계적인 공급방법이 요구되는 실정이다.

2. 연 구 현 황

양어사료는 어류의 생존에 가장 기본적으로 요구되며, 양식 산업에 있어 성패를 좌우하는 중요한 요인이다. 지금까지 넙치의 사료에 대한 기초연구는 단백질요구량(Bai et al., 2001; Kim et al., 2002c) 단백질/에너지 비(Bai et al., 2001; Kim et al., 2004), 지질원의 이용성에 관한 연구(Kim et al., 2002a, 탄수화물의 이용성에 관한 연구(Lee et al., 2003), 인 요구량(Bai, 2001), 어분 대체를 위한 대두박에 관한 연구(Kim et al., 2008, Lim et al, 2004), 비타민 요구량(Wang et al., 2002), 사료 첨가제에 관한 연구(Kim et

al., 2002b; Choi et al., 2004; Yoo et al., 2007)등 많은 양어사료의 영양학적 기초연구들이 수행되어져 왔고(Kikuchi et al., 1997; Kim et al., 2002; Alam et al., 2002; Kim et al., 2004; Kim and Lee, 2004;), 아울러 완전배합사료(Extruded floating pellet, EP)에 대한 연구도 활발히 수행되었고(Cho et al., 2005; Kim et al., 2006a; Kim et al., 2006b; Kim et al., 2008), 이와 함께 어류의 최대성장과 사료를 효율적으로 사용하기 위한 배합사료 공급체계에 관한 연구(Kim et al., 2005a; Kim et al., 2005b; Kim et al., 2009; Seo et al.,2005)도 수행되고 있다. 하지만 아무리 대상어종에 적합한 사료가 연구되어 고효율 배합사료가 개발되어 있다고 하더라도 개발된 배합사료를 효율적으로 사용하는 것이 양식의 생산성 측면이나, 경영적 측면에서 중요하다. 그러나 넙치의 경우 적정사료공급 방법에 관한 적정공급율, 적정 공급횟수에 관한 연구는 수행되어져 왔으나, 양식현장의 초점에 맞추어 실제 적용할 수 있는 실용적인 연구는 미진한 실정이며, 현장에서 관행적으로 하고 있는 배합사료의 인위적인 수분첨가에 관한 효과나 넙치의 성장단계별 적정 사료크기에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 습사료(MP)에서 배합사료(EP)로의 완전전환을 위해서나 현장에서 보다 배합사료의 효율적 사용과 비용절감, 최대성장을 위해서 본 연구는 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다.

3. 연 구 목 표

본 연구는 먼저 수온에 따른(적정, 고, 저수온) 넙치의 성장단계별(치어, 육성어, 미성어) 배합사료의 크기가 성장과 체조성에 미치는 영향에 대해 알아보고, 수온에 따른(적정수온, 저수온) 적정공급횟수와 양식현장에서 일반화 되어 있는 배합사료의 인위적인 수분첨가의 효과를 실험하여 넙치 양식 시 배합사료를 사용하여 넙치의 최대성장과 보다 효율적인 배합사료 공급방법을 제시하고, 확실한 연구자료 제시를 통하여 배합사료의 올바른 사용지침 수립과 배합사료의 효율 향상을 위한 기초를 확립하는데 그 목적이 있다.

Table 1. Domestic aquaculture production and prices

(unit: ton/million won)

		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Total	production	**72,393**	**64,476**	**81,437**	**91,123**	**97,663**	**98,942**	**109,522**
	price	**639,004**	**613,673**	**723,205**	**798,376**	**802,348**	**764,456**	**982,169**
flounder	production	**34,533**	**32,141**	**40,075**	**43,852**	**41,171**	**46,329**	**54,674**
	price	**367,096**	**330,937**	**353,585**	**458,933**	**438,934**	**407,864**	**545,966**
rockfish	production	23,771	19,576	21,297	27,517	35,564	32,977	32,996
	price	164,953	175,521	197,335	187,178	197,549	207,170	246,840
mullet	production	4,093	3,596	5,500	5,651	4,921	6,149	5,581
	price	14,376	15,626	21,610	24,668	21,251	27,592	31,678
seabream	production	4,417	3,988	5,816	4,386	7,213	7,477	9,264
	price	37,251	35,538	52,686	35,802	57,386	56,237	78,633
black porgy	production	1,084	1,379	2,671	2,705	2,841	1,588	1,692
	price	11,577	14,790	25,697	24,043	26,418	16,347	16,978
seabream, etc.	production	1,287	1,430	2,048	1,689	1,109	31	926
	price	14,647	16,530	25,721	20,464	16,625	433	12,773
rockfish, etc.	production	167	132	339	496	415	263	280
	price	2,079	1,627	4,281	6,134	5,110	3,900	4,063
sea bass	production	2,778	1,850	2,600	1,571	2,361	2,008	2,393
	price	22,265	17,938	25,596	15,349	22,318	18,506	21,922
etc.	production	263	384	1,091	3,256	2,068	2,120	1,726
	price	4,760	5,166	16,694	25,805	16,757	26,407	23,313

*농림수산식품부(어업생산통계, 2010).

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

Table 2. production of commercial extruded pellet (unit: ton)

Species		2005	2006	2007	2008	2009
Sea fish	**flounder****	**15,816**	**16,508**	**17,169**	**17,064**	**18,411**
	rockfish**	17,785	21,062	13,987	16,209	15,563
	seabream, etc.	6,188	5,195	3,871	5,734	8,540
	shrimp	7,954	6,585	5,733	4,500	4,776
	mullet	13,552	15,550	15,111	10,677	11,610
	gizzard shad	2,532	8,563	6,107	1,062	1,340
	etc.	3,186	733	229	225	623
Subtotal		**67,013**	**74,196**	**62,207**	**55,471**	**60,863**
Fresh fish	eel	4,157	4,657	6,952	8,059	10,920
	trout	4,859	4,243	4,352	4,116	4,039
	catfish	9,947	7,609	11,469	13,298	14,483
	weather fish	7,031	4,240	2,452	2,274	1,990
	river snail	2,475	3,269	5,592	4,208	5,070
	etc	2,181	2,395	2,900	2,576	2,463
Subtotal		**30,650**	**26,413**	**33,717**	**34,531**	**38,965**
Total		**97,663**	**100,609**	**95,924**	**90,002**	**99,828**

*주요 사료회사 판매실적(우성, 천하제일, 코스프, 퓨리나, CJ, 대한, 대상, 동아원, 수협사료)

**넙치, 조피볼락은 고형배합사료(EP)와 분말사료를 합친 생산량

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

제 2 장 수온대별 배합사료 크기가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향

1. 서 론

오늘날 어류양식 산업의 지속적인 발전을 위해서는 양어사료 연구를 통한 생산성 및 경제성 향상은 필수불가결한 것이다(Bai, 1996). 양식 초기부터 양식 어민들로부터 외면을 받아왔던 배합사료는 최근까지 넙치의 성장과 생존율 향상에 중점을 둔 배합사료에 관한 많은 연구(;Choi et al., 2004; Kim et al., 1999; Kim et al., 2002; Kim et al., 2006; Kim et al., 2009a; Kim et al., 2009b; Lee et al., 2008a; Lee et al., 2008b; Wang et al., 2002; Yoo et al., 2006)들이 수행되어 왔고, 배합사료 기술의 발전으로 점차 배합사료의 인식이 전환되는 시점에 있으며, 그 사용량 또한 증가하는 추세에 있다. 넙치 양식에 소요되는 비용 중 사료비는 가장 높은 비율을 차지하며, 양식장 환경 및 질병과 함께 가장 중요하게 고려해야 할 요인들 중 하나이다. 특히 사료공급은 양식현장의 사육관리자들에 의해 이루어지므로 성공적인 양식어류 생산을 위한 중요한 변수이다. 양식업에 있어 대상 어종에 적합한 우수한 배합사료를 개발하는 것도 중요하지만 개발된 배합사료를 효율적으로 사용하는 것 또한 양식 생산성을 높이는데 있어 중요한 문제이다.

어류의 최대성장을 위하여 배합사료의 적정공급방법을 결정하는 것은 양식생산성의 향상과 수질오염 감소를 위해 매우 중요하다고 할 수 있다. 아직도 양식현장에는 넙치의 시기별로 배합사료의 크기에 따른 섭취효과의 영향에 대해 알려진 것이 없고, 각 사료회사 별로 권장하는 사료크기가 있으나, 이 역시 각 양식장별 및 넙치 성장단계별로 사료 크기를 선택하는데 있어서도 천차만별인 실정이다. 현장에서는 사료크기가 커질수록 성장은 빠르나, 복수증 발생 우려가 있다는 견해를 갖고 있다. 학계에서도 수온별, 시기별에 대한 적정 사료크기에 대한 연구도 전무한 실정이며, 이에 본 연구를 통하여 넙치의 수온별(적정수온, 고수온, 저수온), 성장단계별로(치어, 육성어, 미성어) 배합사료 크기에 따른 성장 및 체조성의 변화를 알아보고, 확실한 연

구자료 제시를 통하여 배합사료의 올바른 사용지침 수립과 배합사료의 효율 향상을 위한 기초자료를 마련을 위하여 수행하였다.

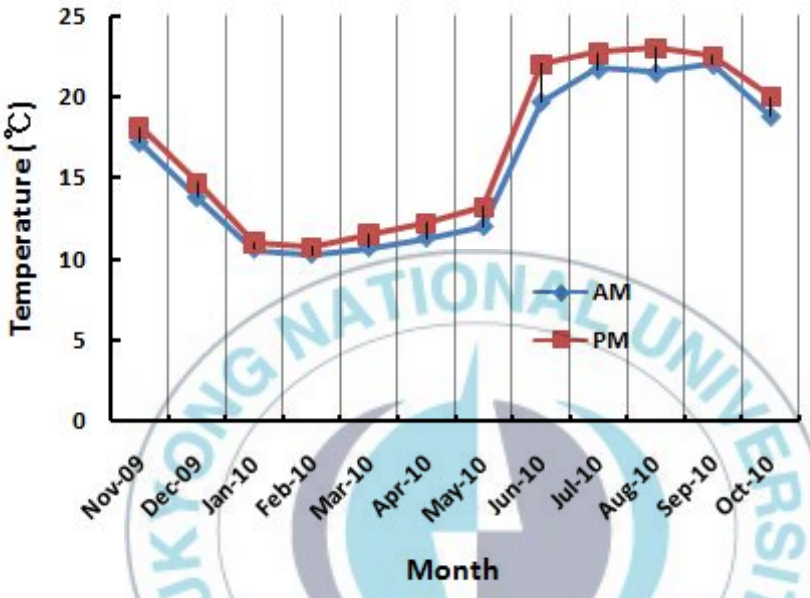

Fig. 1. Annual water temperature variation of East sea (Pohang city).

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

2. 실험 Ⅰ. 적정수온 치어기 및 육성어기 실험

실험Ⅰ-1. 치어기 사육실험

(1) 연구목표

본 실험은 넙치의 최대성장과 효율적인 배합사료공급을 위해 적정수온에서 넙치 치어의 배합사료 크기에 따른 성장 및 체조성의 변화를 알아보고, 넙치양식 시 배합사료 공급에 있어서 사료크기가 미치는 영향을 알아보는데 그 목적이 있다.

(2) 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육관리

실험어는 경상북도 포항시 소재의 청양수산에서 평균 15 ± 0.1g (mean ± SD)인 실험어를 1.8ton 수조로 운반하여 각 30미씩 수용하여, 실험구당 3반복으로 무작위 배치하여 2주간 예비사육 하였다. 예비사육 기간 동안 넙치 치어의 섭취 가능한 크기를 조사하여 실험구를 결정하였다. 사료공급은 일일 2회(오전 9시, 오후 5시)로 만복(최대성장을 위한 일반적인 공급방법으로 넙치가 사료를 섭취 활동을 계속할 때 까지 공급하는 방법)으로 공급하였고, 실험은 6주간 실시(2009년 10월 28 ~ 12월 7일)하였으며, 사육수는 분당 20L 정도가 되도록 조절하여 주수하였고, 사육기간 동안의 평균수온은 16.3 ± 2.3℃였다.

나. 실험사료 및 실험설계

실험사료는 시판되고 있는 넙치용 상품사료(EP)를 사용하여, 사료 크기에 따라 실험구 A(직경 3mm 상품사료 공급), 실험구 B(직경 5mm 상품사료 공급), 실험구 C(직경 6mm 상품사료 공급), 실험구 D(직경 7.5mm 상품사

료 공급)로 구성하였다. 실험에 사용된 상품사료(EP)의 일반성분은 Table 3에 나타내었다.

다. 어체측정

어체측정은 성장도 측정을 위하여 실험 개시 시와 종료 시, 실시하였으며, 측정 전일 실험어를 절식시킨 후, MS-222 (100 ppm)로 마취시켜 각 실험수조에 수용된 실험어의 체중을 측정하였다.

사육실험종료 후, 증체율(percent weight gain, %), 사료효율(feed efficiency, %) 및 생존율(survival rate, %)을 조사하였다. 상기 측정 항목들의 계산식은 다음과 같다.

Wt. gain (%) = (final wt. - initial wt.) × 100 / initial wt.

Feed efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) × 100

라. 성분분석

실험 종료 후 실험어 전어체의 일반성분을 분석하였다. 어체의 성분분석을 위하여 사육실험종료 시 각 실험수조에서 10마리를 시료로 채취하여 냉동보관(-25℃)하였다. 실험사료 및 실험어의 수분은 105℃에서 6시간 건조하여 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP50OT/ TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방 추출기(Velp SER148, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550℃에서 4시간 동안 회화 후 측정하였다.

마. 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성을 검정하였다.

Table 3. Proximate composition of for juvenile flounder fed commercial EP diet at the optimum water temperature

Experimental group	3mm	5mm	6mm	7.5mm	Pooled SEM
Moisture	10.16[b]	8.59[c]	10.52[a]	10.09[b]	0.28
Crude protein	48.59[c]	50.46[a]	48.67[c]	49.14[b]	0.28
Crude lipid	9.49[b]	11.53[a]	8.54[c]	11.63[a]	0.50
Ash	11.82[a]	10.26[c]	11.52[b]	10.16[d]	0.28

(3) 결과 및 고찰

최초 15g의 넙치를 6주 동안 사육 실험한 결과를 Table 4에 나타내었다. 사육기간 동안의 생존율은 모든 실험구간에 통계적인 차이는 없었다 (P>0.05). 최종체중과 증체율은 평균 45.4g으로 직경 7.5mm사료 공급구가 가장 높았으며, 직경 6mm사료 공급구가 43.5g, 직경 5mm사료 공급구가 41.1g, 직경 3mm공급구가 35.3g으로 가장 낮은 값을 보였다(P<0.05). 사료효율에서도 직경 7.5mm사료 공급구가 가장 높았고, 직경 6mm사료 공급구, 직경 5mm사료 공급구간에는 유의적인 차이가 없었고, 직경 3mm사료 공급구가 가장 낮았다(P<0.05). 실험어의 전어체 일반성분 분석결과를 Table 5에 나타내었다. 수분은 직경 3mm사료 공급구가 가장 높았고, 직경 7.5mm사료 공급구, 5mm사료 공급구 순이었으며, 직경 6mm사료 공급구가 가장 낮았다 (P<0.05). 조단백질은 직경 6mm사료 공급구와 직경 5mm사료 공급구가 가장 높았고, 직경 3mm사료 공급구가 가장 낮은 값을 나타내었으며, 직경 7.5mm사료 공급구는 다른 실험구간에 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 조지질은 직경 7.5mm사료 공급구가 가장 높았고, 직경 6mm사료 공급구, 직경 5mm사료 공급구 순이었으며, 직경 3mm사료 공급구가 가장 낮게 나타

나, 사료크기순으로 나타났으며(P<0.05), 조회분은 모든 실험구간에 유의적인 차이가 없었다(P>0.05).

기존에 사료 크기가 커질수록 넙치의 복수증 발생이 심해진다는 양어가 들의 견해와는 다르게 본 실험결과에서 생존율은 유의적인 차이가 없었으며, 최종체중, 증체율, 사료공급량, 사료효율도 사료크기가 커질수록 높아지는 경향을 보였다. 위의 결과로 보아 사료크기가 커질수록 사료섭취량이 증가되어, 증체율, 최종체중이 증가되고, 사료 유실도 감소되어 사료효율이 증가된다고 판단되었다. 어류의 사료섭취량은 수온, 어종, 어류의 크기(치어, 육성어, 미성어) 및 사료조성 등에 영향을 받는다고 알려져 있다(Lee et al., 2000a; Lee et al., 2000b). 본 실험 결과로 미루어 보았을 때, 사료크기가 사료섭취량에 영향을 미칠 수 있다고 판단되었다. 위의 이유로 인해 사료효율의 차이가 생겼으며, 결과적으로 최종체중, 증체율의 차이가 발생되었다고 판단되었다. 기존 양식현장에서의 사료 크기가 커질수록 복수증 발생이 심해진다는 속설을 알아보기 위하여 폐사 중 복수증(탈장) 폐사어의 수를 조사하였으나, 실험기간동안 복수증 폐사의 발생은 전혀 없었다. 만복 시키는데 걸리는 사료공급시간도 직경 7.5mm사료 공급구가 시간이 짧았으며, 직경 6mm사료 공급구와 직경 5mm사료 공급구는 차이가 없었다. 직경 3mm 사료 공급구가 사료섭취시간이 가장 길게 나타나 이 역시 사료 크기순으로 나타났다. 어류양식에 있어서 수질오염은 사료공급 후 어류로부터 섭취 되지 않은 유실된 사료와 어류가 사료를 섭취한 후 대사과정을 거쳐 배출되는 배설물에 의해 발생되는데, 결국 사료가 수질오염을 야기 시키는 결과를 가져온다(cho et al.., 1991: 1994). 본 실험의 결과로 보았을 때, 사료 크기를 큰 것을 공급하면 사료유실을 효과적으로 줄여 결론적으로 사료효율의 증가를 가져올 것으로 판단되었다. 이상의 결과로 보았을 때, 적정수온(14~18℃)에서의 넙치 치어(15~45g)의 최대성장을 위해서는 사료 직경을 섭취 가능한 크기에서 큰 직경의 사료를 선택하는 것이 효과적일 것으로 판단되었고, 적정 사료크기는 7.5mm로 평가 되었다.

Table 4. Effects of juvenile flounder fed the different size extruded pellets for 6 weeks at the optimum water temperature[1]

	Experiment group				Pooled SEM
	3mm	5mm	6mm	7.5mm	
Initial wt. (g)	15.0	15.0	15.0	15.0	0.11
Final wt. (g)	35.4^{d}	41.1^{c}	43.5^{b}	45.4^{a}	1.17
Wt. gain (%)[2]	136^{d}	174^{c}	190^{b}	203^{a}	7.79
FE (DM) (%)[3]	103^{c}	104^{b}	110^{b}	113^{a}	1.43
Survival rate (%)	98	81	96	91	3.75

[1]Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).
[2]Percent weight gain; (final wt. - initial wt.) × 100 / initial wt.
[3]Feed efficiency ratio; (wet weight gain / dry feed intake)

Table 5. Proximate composition (%) of whole body for juvenile flounder fed EP diet during 6 weeks at the optimum water temperature[1]

Experimental groups	3mm	5mm	6mm	7.5mm	Pooled SEM
Moisture	79.53^{a}	76.67^{c}	75.39^{d}	78.26^{b}	0.60
Crude protein	15.18^{b}	17.35^{a}	17.64^{a}	15.85^{ab}	0.42
Crude lipid	2.44^{d}	2.63^{c}	2.99^{b}	3.55^{a}	0.16
Ash	3.36	3.70	3.37	3.36	0.11

[1]Values (mean ± SE of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

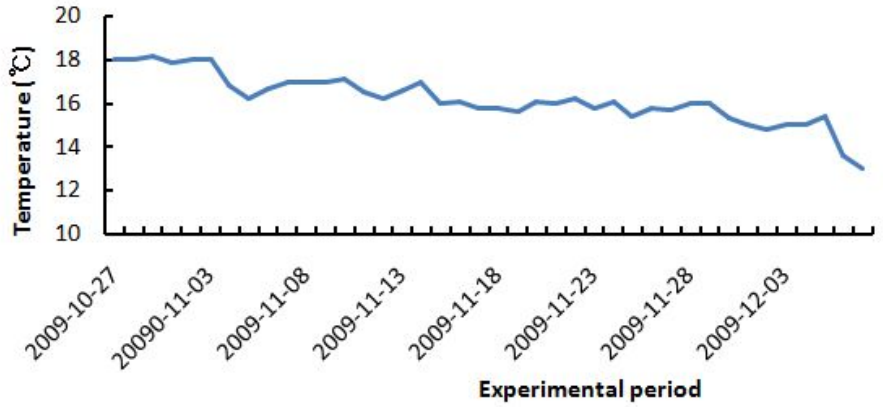

Fig. 2. Changes of water temperature (℃) for experimental period.

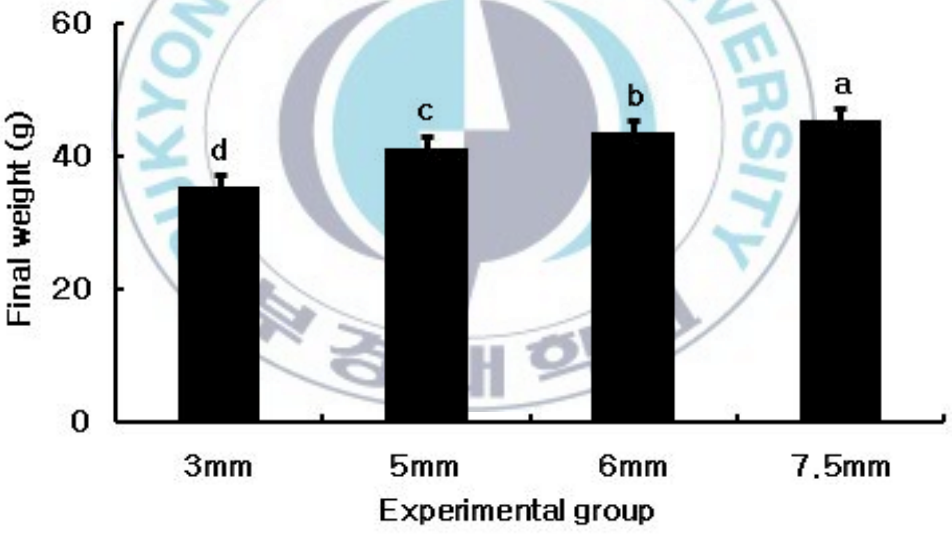

Fig. 3. Final weight of juvenile flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the optimum water temperature.

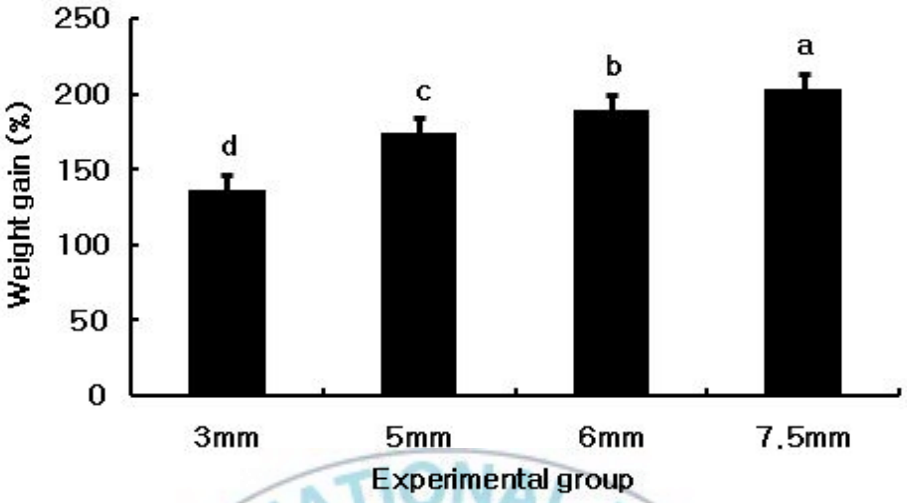

Fig. 4. Weight gain of juvenile flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the optimum water temperature.

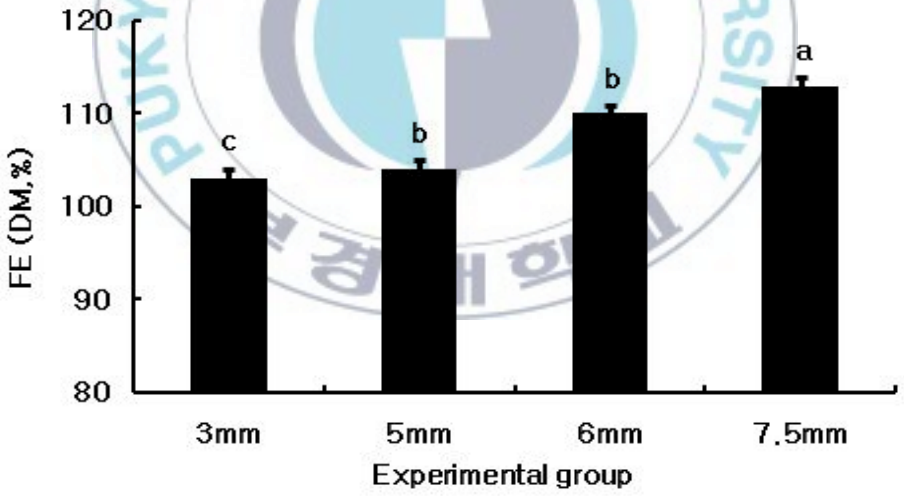

Fig. 5. Feed efficiency (DM) of juvenile flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the optimum water temperature.

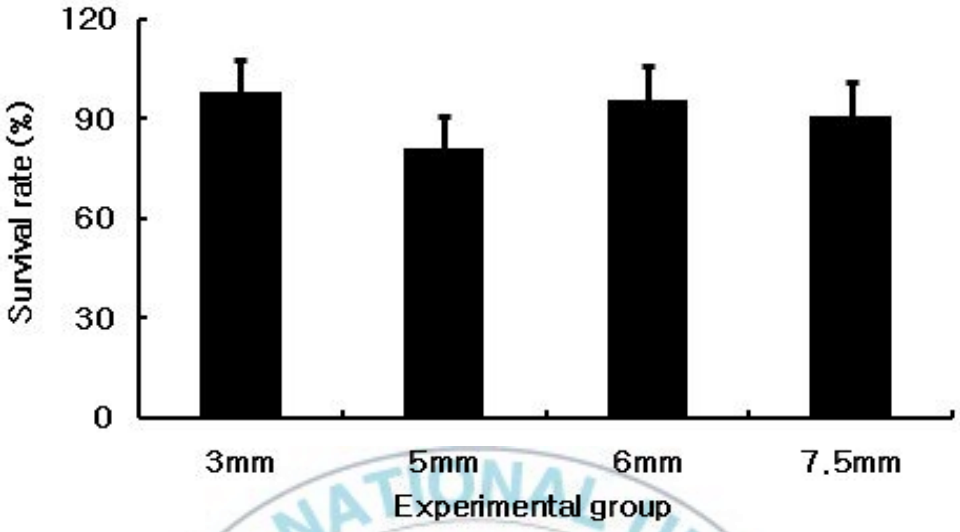

Fig. 6. Survival rate of juvenile flounder fed the experimental diets for 6 weeks feeding trial at the optimum water temperature.

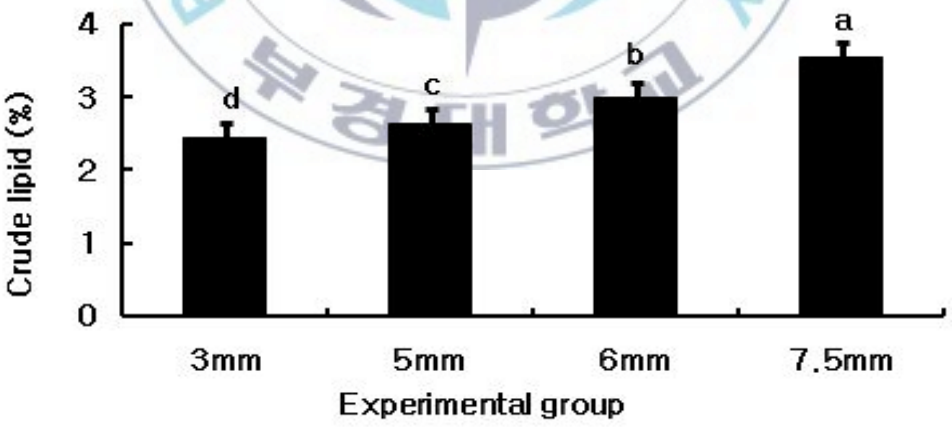

Fig. 7. Crude lipid of juvenile flounder fed the experimental diets for 6 weeks feeding trial at the optimum water temperature.

실험 Ⅰ- 2. 육성어기 현장 사육실험

(4) 연구목표

본 실험은 넙치의 최대성장과 효율적인 배합사료공급을 위해 적정수온에서 넙치 육성어의 배합사료 크기에 따른 성장 및 체조성의 변화를 알아보고, 치어기 실험결과를 토대로 사료공급량을 동일하게 공급하였을 때, 넙치의 성장 및 체조성의 변화를 알아보는데 그 목적이 있다.

(5) 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육관리

실험어는 경북 포항시에 위치한 넙치 양식장(청양수산)으로 운반하여 콘크리트수조($30m^2$, 15톤)에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 4주간 예비사육하였으며, 실험시작 전에 모든 실험구는 실험사료에 적응시키기 위해 넙치 상품사료(수협사료)를 동일하게 공급하였다. 예비사육 기간 동안 넙치 치어의 섭취 가능한 크기를 조사하여 실험구를 결정하였다. 예비사육 후, 평균무게 103 ± 3g (mean ± SD)인 넙치 육성어를 콘크리트수조에 각각 1600마리씩 수용하여 각 사료구당 3반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 시간당 18회전으로 조절하였으며, 약하게 폭기 시켜 산소를 공급하였다. 실험기간 동안 평균 수온은 22 ± 7℃였고, 오전(7시)수온은 21.4℃, 오후(5시) 23℃였다. 염분은 31.5~33.9‰, 용존산소(DO)는 3~6 mg/ℓ의 범위였다. 사료는 1일 2회(오전 8시, 오후 4시) 공급하였고, 공급량은 두개의 예비사육수조(직경 9mm, 직경 6mm)에 먼저 만복공급을 하여 두 실험구가 최대의 양으로 동일하게 공급할 수 있는 값을 알아보고, 그 양을 직경9mm, 직경 6mm 실험구에 동일하게 공급하였으며, 사육실험기간은 8주간(2010년 6월 23일~2010년 8월 24일) 실시하였다.

나. 실험사료 및 실험설계

실험사료는 시판되고 있는 넙치용 상품사료(EP)를 사용하여, 사료 크기에 따라 실험구 A(직경 9mm 상품사료 동일한 양을 공급), 실험구 B(수분첨가, 직경 6mm 상품사료 동일한 양을 공급), 실험구 C(직경 9mm 상품사료 만복공급), 실험구 D(직경 6mm 상품사료 만복공급)로 구성하였다. 실험에 사용된 상품사료(EP)의 일반성분은 Table 6에 나타내었다.

다. 어체측정

어체 측정은 성장도 측정을 위하여 1달 간격으로 실시하였으며, 24시간 절식시킨 후 MS-222 (100ppm)로 마취시켜 수조 당 100마리씩을 무작위로 하여 무게를 측정하였다. 사육실험종료 후, 실험어의 전체 평균무게, 선두그룹, 후진그룹의 평균무게를 측정하였고, 크기별로 大, 中, 小 로 선별을 하였고, 증체율(percent weight gain, %), 사료효율(feed efficiency, %) 및 생존율(survival rate, %)을 조사하였다.

라. 성분분석

체성분은 실험어 전어체의 일반성분을 분석하였다. 어체의 성분분석을 위하여 사육실험 종료 시 각 실험수조에서 10마리를 시료로 취하여 냉동보관(-25℃)하였다. 실험사료 및 실험어의 수분은 105℃에서 6시간 건조하여 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP50OT/ TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방 추출기(Velp SER148, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550℃에서 4시간 동안 회화 후 측정하였다.

마. 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 One-way ANOVA-test, Two-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성을 검정하였다.

Table 6. Proximate composition (%) of for grower flounder fed commercial EP diet at optimum water temperature

Experimental groups	9mm	6mm
Moisture	8.91	7.02
Crude protein	49.76	50.31
Crude lipid	13.05	13.91
Ash	9.92	9.95

6) 결과 및 고찰

최초 103g의 넙치를 8주 동안 사육 실험한 결과를 Table 7에 나타내었다. 사육기간 동안의 생존율은 모든 실험구간에 통계적인 차이가 없었다 (P>0.05). 최종체중은 직경 6mm사료 공급구(B, D)에 비해 직경 9mm사료 공급구(A , C)가 높게 나타났으며, 넙치 양식 시 같은 시기에 입식한 어류 중 선두그룹의 증가는 곧 넙치의 상품성 증가를 의미하고, 보다 높은 수익으로 직결되기 때문에 사료크기에 따른 넙치의 선두그룹의 수를 선별하여 알아보았다. 그 값은 직경 6mm 실험구에 비해 직경 9mm 실험구가 400~500마리 수가 많아 직경 9mm 실험구가 높은 수치를 나타냈으며, 상위 30% 이내의 선두그룹의 평균 체중은 직경 9mm 만복 공급구가 가장 높은 값을 보였고, 직경 9mm사료 제한 공급구, 직경 6mm사료 만복 공급구, 직경 6mm사료 제한 공급구 순으로 나타났는데, 직경 6mm사료 만복 공급구는 직경 9mm사료 제한 사료 공급구와 직경 6mm사료 제한 공급구와 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 하위 10%이내의 후진 그룹의 평균체중은 직경 9mm 사료 공급구(A, C)가 직경 6mm사료 공급구에 비해 높게 나타났고, 직경 6mm사료 제한 공급구는 가장 낮은 값을 보였다(P<0.05). 증체율은 직경

9mm사료 공급구(A , C)에 비해 직경 6mm사료 제한 공급구가 낮게 나타났고, 직경 6mm사료 만복 공급구는 세 실험구간에 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 직경 9mm사료 실험구가 유의하게 높게 나타났으나 제한 공급과 만복 공급에는 유의적인 차이가 없었으며(P>0.05), 사료 사이즈와 공급방법 간의 상호 효과는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다(P>0.05). 사료효율은 직경 9mm사료 제한 공급구가 가장 높은 값을 보였고, 직경 6mm사료 실험구에 비해 직경 9mm사료 실험구가 유의하게 높게 나타났으며, 제한공급과 만복공급 간에는 제한공급이 유의하게 높게 나타났으나(P<0.05), 사료크기와 공급방법 간의 상호 효과는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다(P>0.05). 실험어의 일반성분 분석 결과를 Table. 11에 나타내었다. 실험어의 일반성분에 있어서 수분의 함량은 직경 6mm사료 제한 공급구가 가장 높은 함량을 나타내었으며, 직경 9mm사료 제한 공급구는 가장 낮은 함량을 나타내었고, 만복 공급구(6mm, 9mm)는 다른 실험구와 통계적인 차이가 없었다(P<0.05). 조단백질은 직경 9mm사료 만복 공급구가 가장 높은 함량을 나타내었고, 직경 9mm사료 제한 공급구가 가장 낮은 값을 보였고, 직경 6mm사료 제한 공급구와 직경 9mm사료 만복 공급구는 다른 실험구와 통계적인 차이가 없었다(P<0.05). 조지질의 함량은 직경 9mm사료 공급구가 직경 6mm사료 공급구에 비해 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 조회분은 모든 실험구에서 통계적인 차이가 없었다(P>0.05).

현장사육실험에서나 현장에서 사료 공급을 할 때, 한꺼번에 많은 양을 공급하면 어류에게 만복공급을 시키지 못할뿐더러, 자칫하면 어류가 사료섭취량이 충분하지 않더라도 사료를 섭취 하지지 않을 수가 있다. 그러므로 현장에서 사료 만복공급 할 때, 최소의 사료유실로 최대의 양을 어류에게 공급하는 것이 중요하다. 본 실험에서 볼 때 같은 양을 공급할 때도 처음부터 너무 많은 양을 공급하면 정해진 양을 어류에게 다 공급하지 못할 수도 있고, 잘못하면 사료유실로 이어지기 때문에 그것이 사료효율과 어류의 성장에 영향을 끼치게 되므로 사육실험에 있어서 사료공급자가 특히 주의해야 한다.

어류양식에 있어서 수질오염은 사료공급 후 어류로부터 섭취 되지 않은 유

실된 사료와 어류가 사료를 섭취한 후 대사과정을 거쳐 배출되는 배설물에 의해 발생되는데, 결국 사료가 수질오염을 야기 시키는 결과를 가져온다 (cho et al.., 1991: 1994). 현장에서는 사료유실을 최대한 감소시키기 위해 사료공급 할 때 적정량을 여러번 나누어 골고루 신중히 공급하는데, 만복구나 적정량을 제한공급 시킨 실험구에 사료공급을 할 때, 같은 양을 공급하더라도 그 시간은 직경 9mm사료 공급구이 비해 직경 6mm사료 공급구가 더 많은 시간이 소요되었으며, 사료공급도 직경 9mm사료 공급구가 훨씬 수월했고, 사료섭취에 있어서도 보다 효과적일 것으로 관찰되었다. 사료효율에 있어서 직경 9mm사료 만복 공급구에 비해 직경 9mm사료 적정량 제한공급구가 높게 나타났는데, 제한 공급구의 공급율은 만복공급구의 80 ~ 90% 선으로 나타나, 만복공급에서 80~90%선으로 공급하는 것이 사료효율적인 측면에서 보다 효율적일 것으로 판단되었다. Seo et al. (2005a; 2005b)에서는 치어기 넙치에서 동일한 사료 조성과 공급횟수에서 만복 공급구가 제한 공급구에 비해 성장이 유의하게 높은 결과를 보여 만복공급이 더 효율적임을 보고하였는데, 제한공급에서 공급율의 수준을 만복공급 대비 어체중 당 몇 %로 수준으로 설정하느냐에 따라서 그 결과는 달라질 수 있을 것으로 판단된다. 적정량을 제한공급 시킨 실험구(직경 9mm, 직경 6mm)에서 같은 양을 공급하였는데, 성장차이가 생기는 것은 실험기간 중 관찰한 바에 의하면 직경 9mm사료 실험구는 어류의 활동이 최소화되어 사료섭취가 용이한 측면이 있었고, 이로써 사료섭취 하는데 있어서 섭이활동(운동)이 저감되어 사료섭취로 인한 스트레스가 감소되어 보다 성장하는데 도움이 되었을 것으로 판단되었고, 직경 6mm사료 공급구는 넙치가 공복 상태에서 활발한 사료섭취 활동을 하였음에도 직경 9mm사료 공급구에 비해 쉽게 사료유실이 생겨 실제 섭취한 양에서 차이가 있어 결과적으로 성장차이가 나타났을 것으로 판단되었다.

어체 측정에서 상위 30%에 해당하는 어류를 선별하여 무게를 측정하였는데, 그 결과가 직경 9mm사료 만복 공급구가 가장 높게 나타났는데, 이것은 사료공급 시 어류의 최대성장을 위하여 최소의 사료유실을 감안하고, 거의 모든 어류가 더 이상 섭취활동을 하지 않을 때 까지 만복 공급한 것이 마지

막까지 활발하게 섭취한 어류가 선두로써 최대성장을 하였기 때문일 것으로 판단되었다.

실험기간 중 수온에 따른 사료공급율의 변화를 표7에 나타내었다. 본 실험기간의 수온은 20～26℃였는데, 어체중 당 사료 공급율은 수온이 23℃까지는 1.4～1.6%로 유지 되었으나, 고수온(24℃이상)으로 접어들면서 1%이내로 감소되어 정체 되는 경향을 보였는데, 이는 어류가 점차 성장하고, 수온이 상승함에 따라 사육수조 내 용존산소(DO)가 부족하게 되어, 사료섭취량이 부진했던 것으로 판단되었다.

실험어의 성분분석결과 조지질의 함량이 직경 6mm사료 공급구에 비해 직경 9mm사료 공급구가 높게 나타났는데, 이는 비만도가 높다는 것을 의미한다. 현장에서 배합사료로 사육된 넙치가 습사료(MP)로 사육된 넙치에 비해 비만도가 떨어져 소비자(상인)들이 구입을 기피하는데, 사료크기를 큰 것을 선택함으로써 배합사료로 보다 상품성이 좋은 넙치 생산이 가능할 것으로 판단되었다. 위의 실험 결과를 종합하여 보았을 때, 적정수온(19～26℃)에서 넙치 육성어(102g～241g)의 적정 사료크기는 직경 6mm, 직경 9mm 중에서는 9mm가 효율적일 것으로 평가되었으며, 만복공급 수준의 동일한 양을 공급하였을 때, 9mm가 성장도가 뛰어났으며, 사료효율은 만복공급에 비해 적정량을 제한시키는 공급방법이 효율적인 것으로 나타났다.

Table 7. Effects of grower flounder fed the different size extruded pellets for 8 weeks at the optimum water temperature[1]

	Experimental group				
	A-9mm (limit)	B-6mm (limit)	C-9mm (full)	D-6mm (full)	Pooled SEM
Initial wt. (g)	102	103	105	102	0.74
Final wt. (g)	226^{a}	211^{b}	241^{a}	218^{b}	3.56
Higher group (200g over, g)	4222	3774	4103	3636	-
Higher 30% wt. (g)	256^{b}	226^{c}	264^{a}	228^{bc}	5.53
Lower 10% wt. (g)	174^{a}	159^{b}	174^{a}	134^{c}	5.59
Wt. gain (%)[2]	122^{a}	105^{b}	130^{a}	114^{b}	3.50
FE(DM) (%)[3]	127^{a}	110^{b}	115^{b}	106^{b}	2.81
Survival rate (%)	98	98.5	99	99	0.19

[1]Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

[2]Percent weight gain; (final wt. - initial wt.) × 100 / initial wt.

[3]Feed efficiency ratio; (wet weight gain / dry feed intake)

Table 8. Weight gain (%) of grower flounder fed the differential size extruded pellets for 8 weeks at the optimum temperature[1]

Experimental group	limit	Full
9mm	122[a]	130[a]
6mm	105[b]	114[b]

[1]Values (mean ± SD of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

Table 9. Feed efficiency (%) of sub-adult flounder fed the different size extruded pellets for 8 weeks at the optimum water temperature[1]

Experimental group	limit	Full
9mm	127[a]	115[b]
6mm	110[b]	106[b]

Table 10. Survival rate (%) of grower flounder fed the differential size extruded pellets for 8 weeks at the optimum water temperature[1]

Experimental group	limit	Full
9mm	98	99
6mm	98.5	99

[1]Values (mean ± SE of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

Table 11. Proximate composition (%) of liver for grower flounder fed EP diet during 8 weeks at the optimum water temperature[1]

Experimental groups	9mm (Limit)	6mm (Limit)	9mm (Full)	6mm (Full)	Pooled SEM
Moisture	73.39^{b}	74.39^{a}	74.39^{ab}	73.87^{ab}	0.23
Crude protein	17.03^{b}	18.01^{ab}	18.28^{a}	17.76^{ab}	0.21
Crude lipid	5.00^{a}	3.04^{c}	4.18^{b}	3.15^{c}	0.31
Crude ash	3.07	3.39	3.13	3.53	0.10

[1]Values (mean ± SD of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

Table 12. Changes of feeding rate water temperature (℃) for grower flounder fed commercial farm feeding at the optimum water temperature.

Temperature (℃)	Feeding rate (%)	Day	DO[1]
20	1.6	14	5~6
21	1.4	2	5~6
22	1.1	6	5~6
23	1.4	25	5~6
24	1.0	5	3~4
25	0.9	9	3~4
26	1.0	1	3

[1]Dissolved oxygen

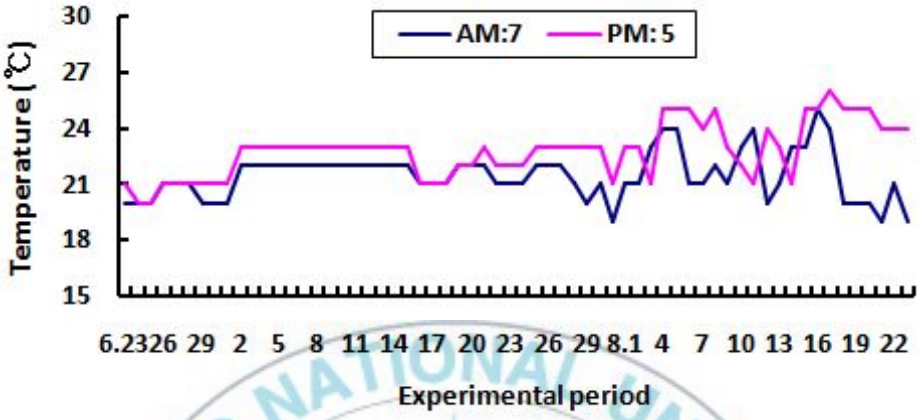

Fig. 8. Changes of water temperature (℃) for Experimental period.

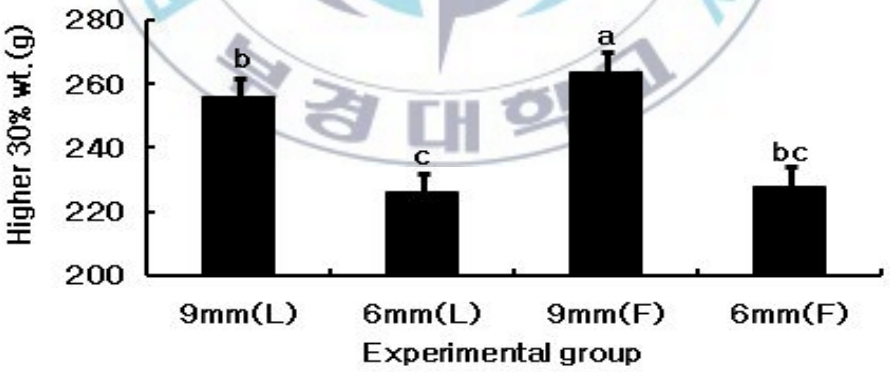

Fig. 9. Higher 30% final weight of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature.

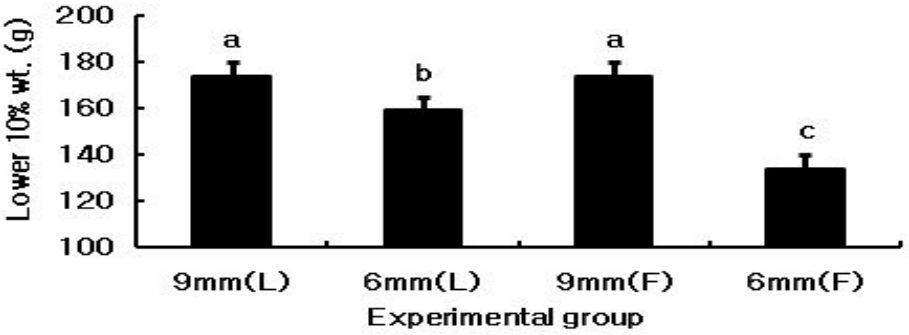

Fig. 10. Lower 10% final weight of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at optimum water temperature.

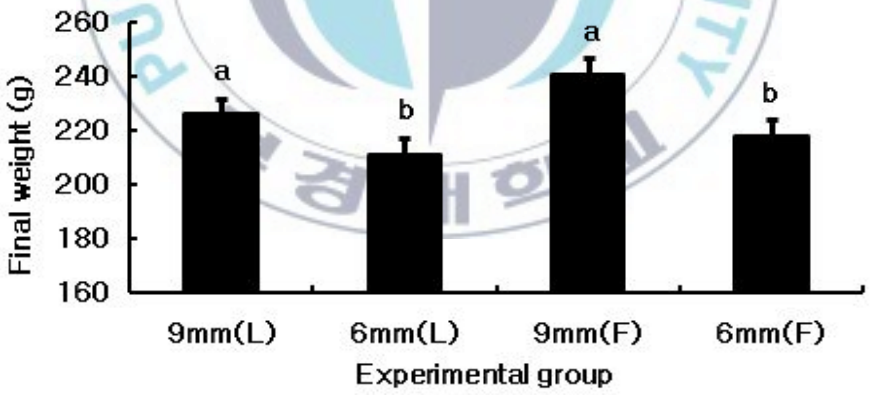

Fig. 11. Final weight of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature.

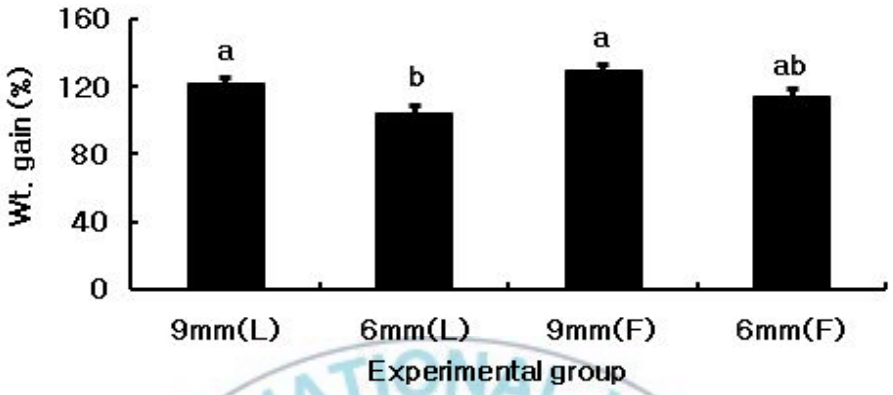

Fig. 12. Weight gain of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature.

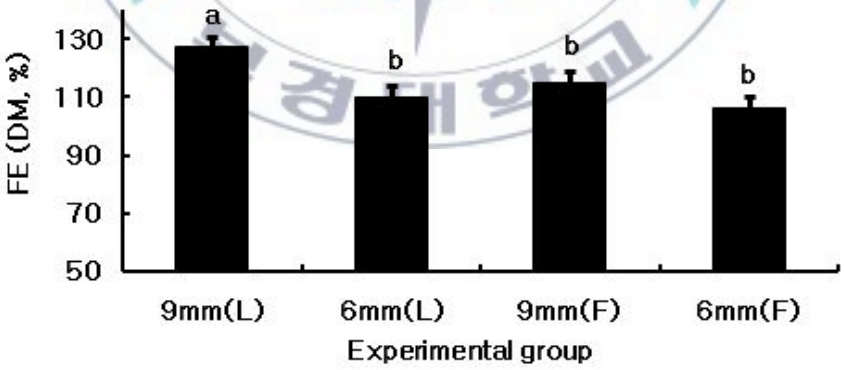

Fig. 13. Feed efficiency (DM) of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature.

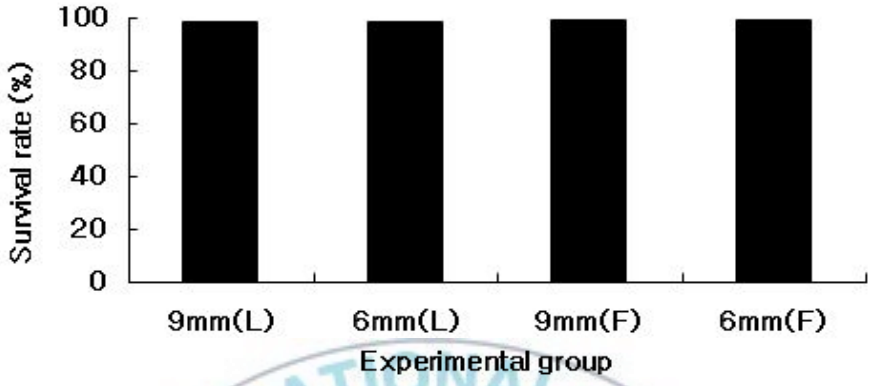

Fig. 14. Survival of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature.

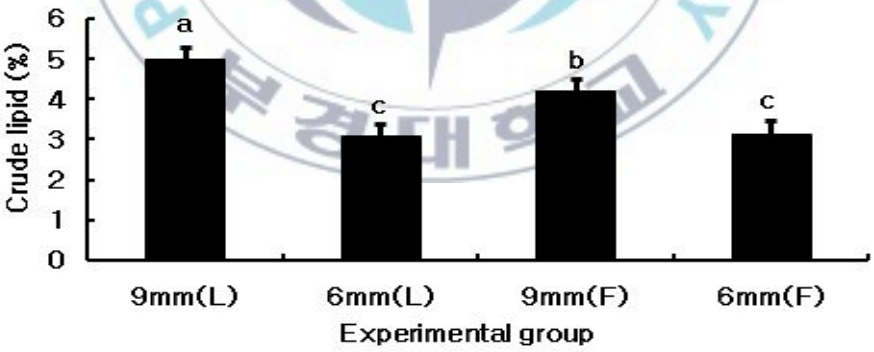

Fig. 15. Crude lipid of grower flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature.

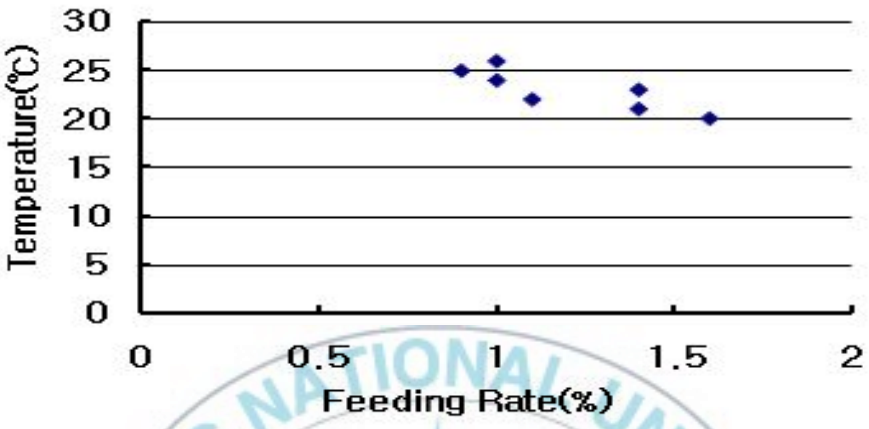

Fig. 16. Changes of feeding rate water temperature (℃) for commercial farm feeding trial.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

실험 Ⅱ. 고수온 육성어기 실험

(1) 연구목표

본 실험은 넙치의 최대성장과 효율적인 배합사료공급을 위해 고수온에서 배합사료 크기가 넙치 육성어의 성장과 체조성에 미치는 영향을 알아보고, 적정 사료 크기를 평가하고자 수행하였다.

(2) 재료 및 방법

가. 실험설계 및 사육관리

실험사료는 시판되고 있는 넙치용 상품사료를 사용하여, 크기에 따라 실험구 A(직경 6mm 상품사료 공급), 실험구 B(직경7.5mm 상품사료 공급), 실험구 C(직경 9mm 상품사료 공급), 실험구 D(직경11mm 상품사료 공급)로 구성하여 평균 135 ± 3g (mean ± SD)인 실험어를 1.8ton 수조에 각 20미씩 수용하여 실험구당 3반복으로 무작위 배치하여 2주간 예비사육 하였다. 예비사육 기간 동안 넙치 치어의 섭취 가능한 크기를 조사하여 실험구를 결정하였다. 사료공급은 일일 2회(오전 9시, 오후 5시)로 만복(최대성장을 위한 일반적인 공급방법으로 넙치가 사료를 섭취 활동을 계속할 때 까지 공급하는 방법)으로 공급하였고, 실험은 6주간 실시(2009년 8월 28에서 10월 13일)하였으며, 어체 측정을 위해 실험 개시 시와 종료 시, 측정 전일 실험어를 절식시킨 후, 각 실험수조에 수용된 실험어의 전체 체중을 측정하였다. 사육수는 분당 20L 정도가 되도록 조절하여 주수하였고, 사육기간 동안의 평균 수온은 22.7 ± 4.2℃였다. 실험에 사용된 상품사료(EP)의 일반성분은 Table 13에 나타내었다.

나. 성분분석

어체의 성분분석을 위하여 사육실험 종료 시 각 실험수조에서 10마리를 시

료로 취하여 냉동보관(-25℃)하였다. 실험사료 및 실험어의 수분은 105℃에서 6시간 건조하여 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP50OT/ TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방 추출기(Velp SER148, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550℃에서 4시간 동안 회화 후 측정하였다.

다. 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성을 검정하였다.

Table 13. Proximate composition (%) of for grower flounder fed commercial EP diet at the upper-optimum water temperature.

Experimental groups	6mm	7.5mm	9mm	11mm	Pooled SEM
Moisture	7.94^{c}	10.50^{a}	9.22^{b}	10.61^{a}	0.41
Crude protein	49.57^{a}	46.95^{c}	49.60^{a}	47.96^{b}	0.43
Crude lipid	9.87^{c}	10.44^{a}	10.08^{b}	9.51^{d}	0.13
Ash	11.33^{a}	10.88^{c}	10.44^{d}	11.27^{b}	0.14

(3) 결과 및 고찰

최초 130g의 넙치를 6주 동안 사육 실험한 결과를 Table 14에 나타내었다. 사육기간 동안의 생존율은 모든 실험구간에 통계적인 차이는 없었다. 최종체중은 평균 315g으로 직경 11mm사료 공급구가 가장 높았으며, 직경 9mm사료 공급구와 직경 7.5mm사료 공급구는 각각 295, 294g으로 유의적인 차이가 없었으며, 직경 6mm사료 공급구는 254g으로 가장 낮게 나타났다

(P<0.05), 증체율 역시 139%로 직경 11mm사료 공급구가 가장 높았으며, 직경 9mm사료 공급구와 직경 7.5mm사료 공급구는 각각 119%, 116%로 나타나 통계적인 차이가 없었으며(P<0.05), 사료공급량 역시 사료크기가 커질수록 공급량이 증가했다. 사료효율(DM)은 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 간의 일반성분 분석결과를 Table 15.에 나타내었다. 간(Liver)내 수분은 직경 6mm 실험구가 가장 높은 값을 보였고, 다른 실험구간에는 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 조단백질은 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았고(P>0.05), 조지질은 직경 15mm 실험구와 직경 11mm 실험구가 가장 높았으며, 직경 6mm 실험구는 유의적으로 가장 낮았다(P<0.05). 사료크기가 커질수록 간 내 조지질의 함량이 높은 경향을 보였다. 적정수온에서 실시한 육성어기 실험의 어체 성분 분석결과도 사료크기가 커질수록 지질의 함량이 증가되는 경향을 보여, 사료크기에 따라 비만도가 증가됨을 확인 할 수 있었다.

기존에 사료 크기가 커질수록 넙치의 복수증 발생이 심해진다는 양어가 들의 견해와는 다르게 본 실험결과에서 생존율은 유의적인 차이가 없었으며, 오히려 직경 11mm사료 공급구가 가장 우수한 결과를 보였다. 최종체중, 증체율, 사료공급량, 사료효율도 사료크기가 커질수록 높아지는 경향을 보였다. 위의 결과로 보아 사료크기가 커질수록 사료섭취량이 증가되어, 증체율, 최종체중이 증가되고, 사료 유실도 감소되어 사료효율 또한 개선된다고 판단되었다. 어류의 사료섭취량은 수온, 어종, 어류의 크기(치어, 육성어, 미성어) 및 사료조성 등에 영향을 받는다고 알려져 있다(Lee et al., 2000a; Lee et al., 2000b). 앞서 수행했던 실험과 본 실험 결과로 비추어 보았을 때, 사료크기가 사료섭취량에 영향을 미칠 수 있다. 사료크기를 측정하여 Table 4. 에 나타내었다. 직경 6mm사료와 직경 7.5mm사료를 비교하였을 때, 직경 7.5mm사료 20개의 양과 직경 11mm사료와 비교하였을 때는 직경 6mm사료를 60개를 섭취해야 직경 11mm사료 한 개를 섭취하는 것과 같다. 위와 같이 사료의 차이가 있을 경우 직경 6mm사료 실험구가 만복 섭취를 위하여 섭취활동을 하는 경우 직경 11mm사료 실험구에 비해 훨씬 많은 섭이활동(운동)을 해야 하기 때문에 크기가 작은 사료를 섭취하는 어류의 스트레스

가 훨씬 많다고 판단되었다. 어류양식에 있어서 수질오염은 사료공급 후 허실된 사료와 어류가 사료를 섭취한 후 대사과정을 거쳐 배출되는 배설물에 의해 발생되는데, 결국 사료가 수질오염을 야기 시키는 결과를 가져온다 (Cho et al.., 1991: 1994). 본 실험에서 사료공급 시 사료 크기가 작은 실험구들은 사료 크기가 큰 실험구들에 비해 부족한 사료량을 만회하려는 섭취활동이 부족하였고, 사료유실을 줄이기 위해 조금씩 반복되는 사료공급 과정에서 사료 크기가 작은 실험구들은 사료 크기가 큰 실험구들에 비해 더 많은 사료 유실이 발생되었다. 사료효율의 차이는 사료유실과 사료크기가 작은 경우, 사료섭취를 위한 잦은 운동 때문이라 판단되었으며, 결과적으로 최종체중, 증체율의 차이가 발생되었다고 판단되었다. 기존 양식현장 에서의 사료 직경이 커질수록 복수증 발생이 심해진다는 견해를 알아보기 위하여 폐사 중 복수증(탈장) 폐사어의 수를 조사하였으나, 실험구간에 차이가 없어 본 실험에서는 사료크기와 복수증(탈장) 폐사와는 관련이 없는 것으로 나타났다. 만복 시키는데 걸리는 사료공급시간도 직경 11mm사료 공급구가 시간이 짧았으며, 직경 9mm사료 공급구와 직경 7.5mm사료 공급구는 차이가 없었으며, 직경 6mm사료 공급구가 사료섭취시간이 가장 길게 나타나 이 역시 사료 크기순으로 나타났다. 실험기간이 길어질수록 성장차이는 확연히 벌어질 것으로 예상되었다. 간의 일반 성분 분석에서 사료크기가 커질수록 간내 조지질의 함량이 높은 경향을 보여, 앞의 실험 결과와 일치 하였으며, 이상의 결과로 보았을 때, 고수온(20～26.9℃)에서의 육성어(132～315g)넙치의 최대성장과 보다 효율적인 양식장 관리를 위한 적정사료크기는 11mm로 판단되어, 사료크기가 섭취 가능한 크기에서 큰 직경의 사료를 선택하는 것이 효과적임을 확인하였다.

Table 14. Effects of grower flounder fed the different size extruded pellets for 6 weeks at the upper-optimum water temperature[1]

	Experiment groups				Pooled SEM
	6mm	7.5mm	9mm	11mm	
Initial wt. (g)	136	135	134	132	0.53
Final wt. (g)	254^{c}	294^{b}	293^{b}	315^{a}	6.76
Wt. gain (%)[2]	88^{c}	116^{b}	119^{b}	139^{a}	5.69
FE (DM) (%)[3]	106	107	116	117	2.24
Survival rate (%)	95	97	95	98	1.52

[1]Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different (P<0.05).
[2]Percent weight gain; (final wt. - initial wt.) × 100 / initial wt.
[3]Feed efficiency ratio; (wet weight gain / dry feed intake).

Table 15. Proximate composition (%) of liver for grower flounder fed EP diet during 6 weeks at the upper-optimum water temperature[1]

Experimental groups	6mm	7.5mm	9mm	11mm	Pooled SEM
Moisture	72.15^{a}	63.73^{b}	63.93^{b}	62.44^{b}	1.46
Liver Crude protein	11.28	11.06	11.36	10.75	0.15
Crude lipid	10.76^{c}	15.52^{b}	18.40^{a}	18.31^{a}	1.17

[1]Values (mean ± SE of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

Table 16. Weight of experimental diets on feed size.

Diameter	6mm	7.5mm	9mm	11mm
Weight (g)	0.01	0.20	0.33	0.60

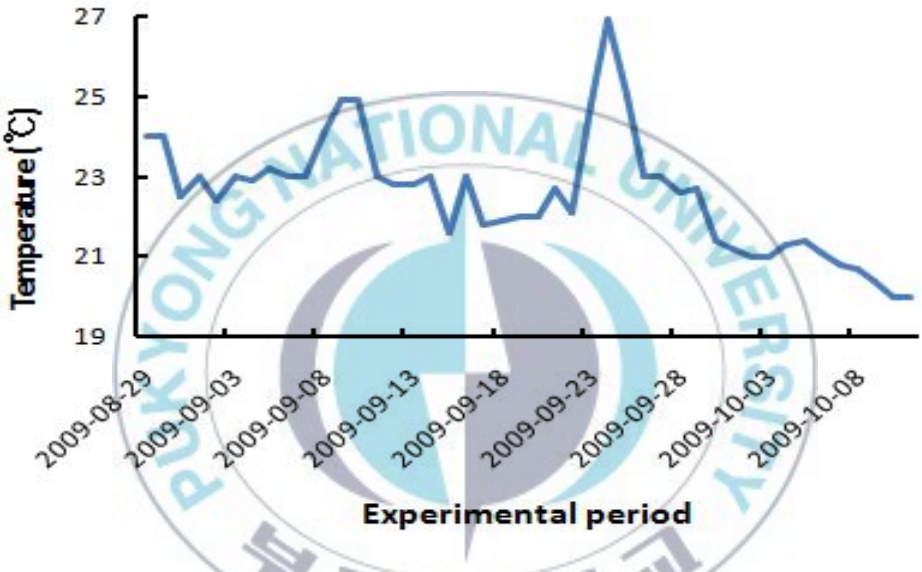

Fig. 17. Changes of water temperature (℃) for experimental period.

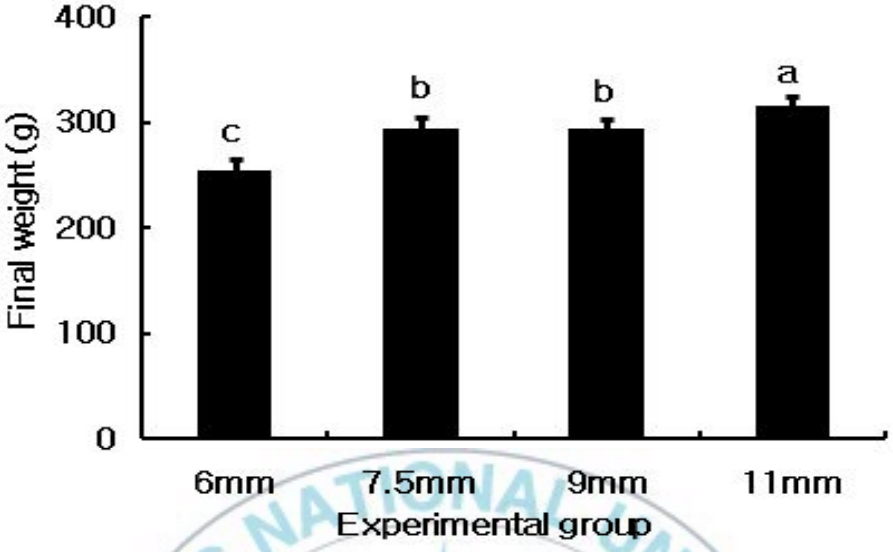

Fig. 18. Final weight of grower flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at upper-optimum water temperature.

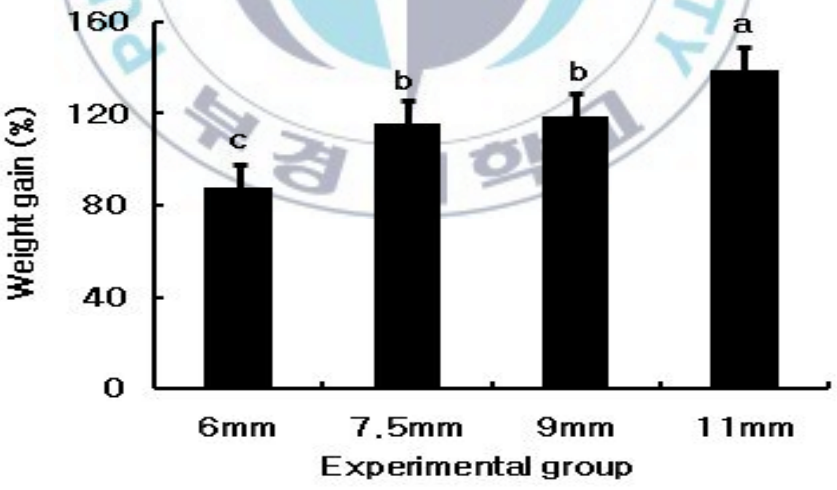

Fig. 19. Weight gain of grower flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the upper-optimum water temperature.

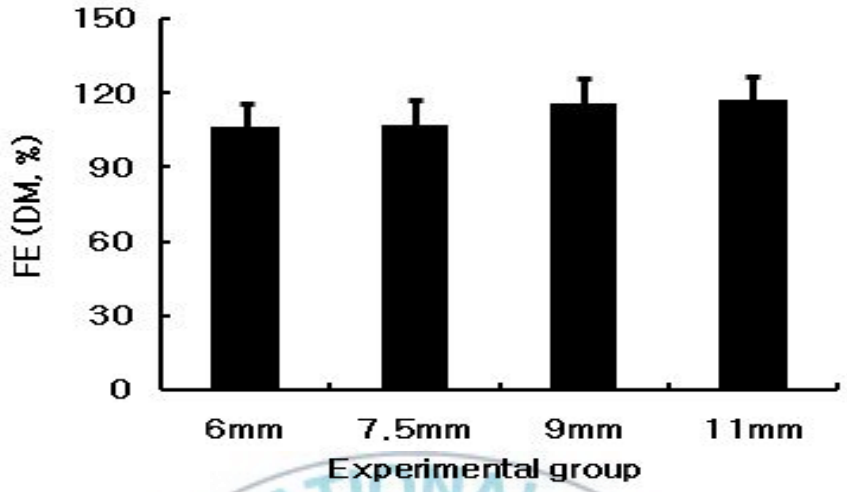

Fig. 20. Feed efficiency (DM) of grower flounder fed the experimental group for 6 weeks feeding trial at the upper-optimum water temperature.

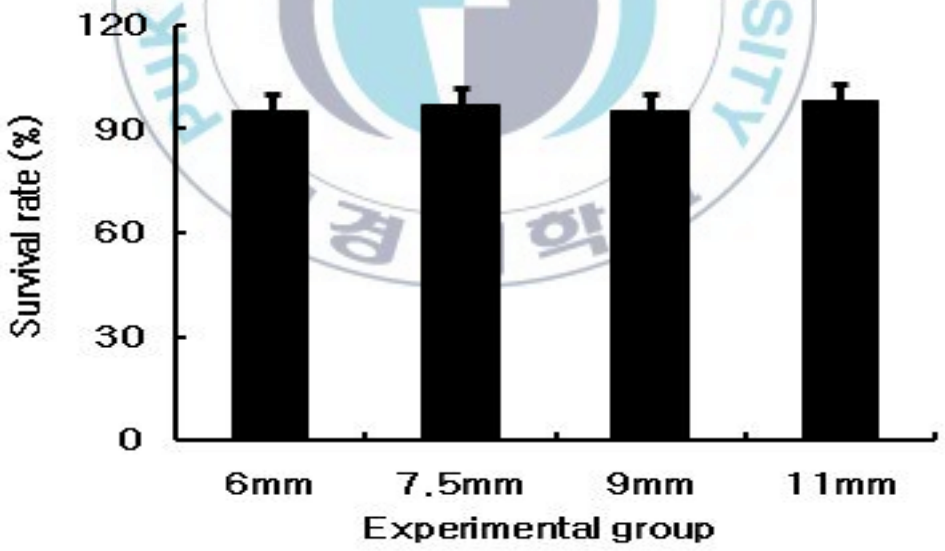

Fig. 21. Survival rate of grower flounder fed the experimental diets for 6 weeks feeding trial at the upper-optimum water temperature.

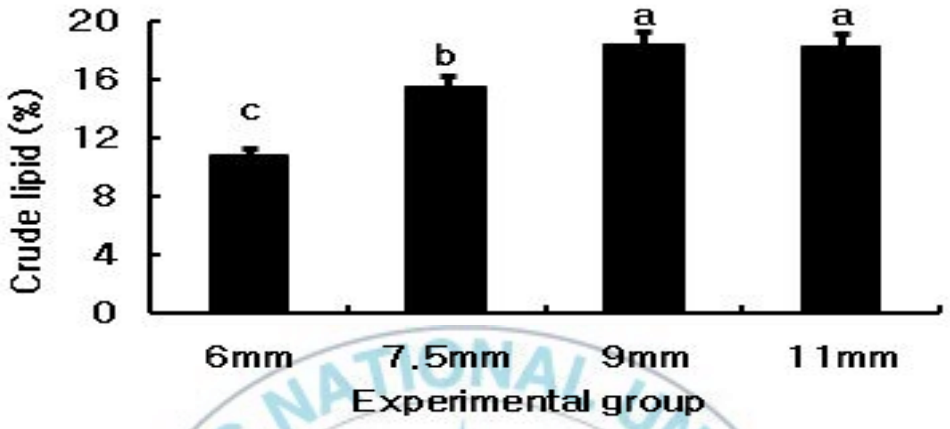

Fig. 22. Crude protein of grower flounder fed the experimental diets for 6 weeks feeding trial.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

실험 Ⅲ. 저수온 미성어기 현장 사육실험

(1) 연구목표

본 실험은 넙치의 최대성장과 효율적인 배합사료공급을 위해 사료 섭취가 부진한 저수온에서 배합사료 크기가 현장에서 사육된 넙치 미성어의 성장 및 체조성에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하는데 그 목적이 있다.

(2) 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육관리

실험어는 경북 포항시에 위치한 넙치 양식장(청양수산)으로 운반하여 콘크리트수조(30m^2, 15톤)에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 4주간 예비사육하였으며, 실험시작 전에 모든 실험구는 실험사료에 적응시키기 위해 넙치 상품사료(S사)를 동일하게 공급하였다. 예비사육 기간 동안 넙치 치어의 섭취 가능한 크기를 조사하여 실험구를 결정하였다. 예비사육 후, 평균무게 423 ± 2g (mean ± SD)인 넙치 미성어를 콘크리트수조에 각각 1000마리씩 수용하여 각 사료구당 2반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 시간당 18회전으로 조절하였으며, 약하게 폭기시켜 산소를 공급하였다. 실험기간 동안 평균 수온은 13 ± 4℃ 범위였고, 염분은 31.5~33.9‰, 용존산소(DO)는 5.9~6.9 mg/ℓ의 범위였다. 사료는 1일 1~2회(오전 8시, 오후 4시) 만복공급(일반적으로 최대성장을 위해 어류가 섭이 활동을 할 때 까지 계속 공급하는 방법) 하였으며, 사육실험기간은 3개월간(2009년 11월 10일~2010년 1월 8일) 실시하였다.

나. 실험사료 및 실험설계

실험사료는 시판되고 있는 넙치용 상품사료(EP)를 사용하여, 사료 크기에 따라 실험구 A(직경 15mm 상품사료 공급), 실험구 B(수분첨가, 직경 11mm

상품사료 공급), 실험구 C(직경 11mm 상품사료 공급), 실험구 D(직경 8mm 상품사료 공급)로 구성하였다. 실험에 사용된 상품사료(EP)의 일반성분은 Table 17에 나타내었다.

다. 어체측정

어체 측정은 성장도 측정을 위하여 1달 간격으로 실시하였으며, 24시간 절식시킨 후 MS-222 (100ppm)로 마취시켜 수조 당 100마리씩을 무작위로 하여 무게를 측정하였다. 사육실험종료 후, 증체율(percent weight gain, %), 사료효율(feed efficiency, %) 및 생존율(survival rate, %)을 조사하였다.

라. 성분분석

어체의 성분분석을 위하여 사육실험 종료 시 각 실험수조에서 10마리를 시료로 취하여 냉동보관(-25℃)하여 실험어의 간의 일반성분을 분석하였다. 실험사료 및 실험어의 수분은 105℃에서 6시간 건조하여 측정하였으며, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Gerhardt VAP50OT/ TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방 추출기(Velp SER148, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550℃에서 4시간 동안 회화 후 측정하였다.

마. 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성을 검정하였다.

Table 17. Proximate composition (%) of for young adult flounder fed commercial EP diet at the sub-optimum water temperature[1]

Experimental groups	8mm	11mm	11mm (with water)	15mm
Moisture	9.53^{b}	9.765^{b}	24.92^{a}	9.65^{b}
Crude protein	49.9	49.75	49.78	49.61
Crude lipid	10.03	9.86	9.94	10.06
Ash	10.48	10.61	10.68	10.29

[1]Values (mean ± SD of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

(3) 결과 및 고찰

최초 평균 423g의 넙치를 8주 동안 사육 실험한 결과를 Table 18에 나타내었다. 사육기간 동안의 생존율은 모든 실험구간에 통계적인 차이는 없었다(P>0.05). 최종체중은 평균 546g으로 직경 15mm사료 공급구가 가장 높았으나 직경 11mm사료 공급구와는 유의적인 차이가 없었고, 수분을 첨가한 직경 11mm사료 공급구와 수분을 첨가하지 않은 직경 11mm사료 공급구는 유의적인 차이가 없었으며, 직경 8mm사료 공급구는 가장 낮게 나타났다(P<0.05). 사료효율, 증체율 역시 직경 15mm사료 공급구가, 수분을 첨가하지 않은 직경 11mm사료 공급구 순이었으며, 직경 8mm사료 공급구가 가장 낮은 값을 보였으며, 수분을 첨가한 직경 11mm사료 공급구는 수분을 첨가하지 않은 직경 11mm사료 공급구와 직경 8mm사료 공급구와는 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 실험어의 간 분석 결과를 Table. 19에 나타내었다. 간(Liver)의 일반성분은 모든 항목과 모든 실험구에서 유의적인 차이가 없었다(P>0.05).

기존에 사료 크기가 커질수록 넙치의 복수증 발생이 심해진다는 양어가 들

의 견해와는 다르게 본 실험결과에서 생존율은 유의적인 차이가 없었으며, 사료 크기에 따른 복수증 폐사 발생 증가 여부를 알아보기 위해 폐사중 복수증 폐사의 양을 조사하였으나, 전체 폐사의 양에서 극히 적은 양을 차지하였고, 수분 첨가에 유무에 따라 비교하였을 때에도 차이가 없었다. 복수증 폐사는 실험 초기에 집중적으로 발생되었으나, 12월 이후에는 발생하지 않았다. 최종체중, 증체율, 사료효율도 사료크기가 커질수록 높아지는 경향을 보였다. 위의 결과로 보아 사료크기가 커질수록 섭취 가능한 사료량이 증가되어, 증체율, 최종체중이 증가되고, 사료 유실도 감소되어 사료효율 또한 개선된다고 판단되었다. 최종체중에서는 직경 11mm 공급구와 직경 15mm 공급구 간에 유의적인 차이가 없었으나, 증체율, 사료효율 측면으로 보았을 때 직경 15mm 공급구가 가장 효율적일 것으로 판단되었다. 어류의 사료섭취량은 수온, 어종, 어류의 크기(치어, 육성어, 미성어) 및 사료조성 등에 영향을 받는다고 알려져 있다.(Lee et al., 2000a; Lee et al., 2000b). 앞서 수행된 실험들과 본 실험 결과로 비추어 보았을 때, 사료크기가 사료섭취량에 영향을 미칠 수 있다. 사료크기를 측정하여 Table 4.에 나타내었다. 직경 8mm사료와 직경 15mm사료를 비교하였을 때, 직경 8mm사료 7개를 섭취해야 직경 15mm사료 1개를 섭취하는 것과 같으므로, 크기가 작은 사료의 경우 어류가 보다 많은 섭취활동을 하여야 한다. 그래서 보다 많은 운동과 섭취하기 하기 위한 스트레스로 인해 사료효율, 증체율, 최종체중에 영향이 있었다고 판단된다. 만복 시키는데 걸리는 사료공급시간도 실험실 규모로 수행했던 치어기, 고수온 육성어기 실험 보다 더 많은 사료공급시간의 차이가 발생되었다. 직경 15mm사료 공급구가 공급시간이 짧았으며, 직경 11mm 공급구와 수분을 첨가한 직경 11mm 공급구간에는 차이가 없었으며, 직경 8mm 공급구가 사료섭취시간이 가장 길게 나타나 이 역시 사료 크기순으로 나타났다. 어류양식에 있어서 수질오염은 사료공급 후 어류로부터 섭취 되지 않은 유실된 사료와 어류가 사료를 섭취한 후 대사과정을 거쳐 배출되는 배설물에 의해 발생되는데, 결국 사료가 수질오염을 야기 시키는 결과를 가져온다(Cho et al.., 1991: 1994). 실험실 규모의 작은 실험에서는 상업용 규모의 현장실험에 비해 사료유실을 최소화 시킬 수 있다. 하지만 현장에서는

사료는 곧 비용이므로 사료유실은 양식경영에서의 비용증가를 의미한다. 그렇기 때문에 현장에서는 사료유실을 최소화시키기 위한 노력이 계속되는데, 그런 점에서 본 실험의 결과로 보았을 때, 배합사료 크기가 커질수록 사료유실을 줄일 수 있으므로, 현장에서 매우 실용적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 사료크기에 따른 양식 어류의 간의 상태를 알아보기 위해 간의 일반성분을 분석한 결과에서도 모든 항목에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 위의 결과로 보았을 때, 저수온(9～16℃)에서의 미성어(421～546g)넙치의 최대성장과 양식현장에서의 효율적인 배합사료 공급을 위해서는 사료입자를 섭취 가능한 크기에서 큰 직경의 사료를 선택하는 것이 효과적일 것으로 판단되어 적정 사료크기는 15mm로 평가되었으며, 수분첨가의 유무에 따른 사육효과도 차이가 없는 것으로 나타나 배합사료의 인위적인 수분첨가는 불필요한 것으로 평가되었다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

Table 18. Effects of young adult flounder fed the different size extruded pellets for 6 weeks at the sub-optimum temperature[1]

	Experiment groups				Pooled SEM
	8mm	11mm	11mm (with water)	15mm	
Initial wt. (g)	424	423	424	421	0.25
Final wt. (g)	514^{b}	532^{ab}	530^{ab}	546^{a}	4.57
Wt. gain (%)[2]	21^{c}	26^{b}	25^{bc}	30^{a}	1.18
FE (DM, %)[3]	66^{c}	76^{b}	72^{bc}	79^{a}	2.03
Hernia mortality	9	23	23	25	-
Survival rate (%)	96	93	98	92	1.09

[1]Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).
[2]Percent weight gain; (final wt. - initial wt.) × 100 / initial wt.
[3]Feed efficiency ratio; (wet weight gain / dry feed intake)

Table 19. Proximate composition (%) of liver for young adult flounder fed EP diet during 8 weeks at the sub-optimum water temperature[1]

Experimental groups		8mm	11mm	11mm (with water)	15mm	Pooled SEM
Liver	Moisture	69.58	69.46	67.68	71.58	0.73
	Crude protein	12.38	12.94	13.11	12.72	0.16
	Crude lipid	8.76	10.14	11.55	9.52	0.55

[1]Values (mean ± SD of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

Table 20. Weight of experimental diets on feed size.

Diameter	8mm	11mm	15mm
Diameter (g)	0.26	0.60	1.56

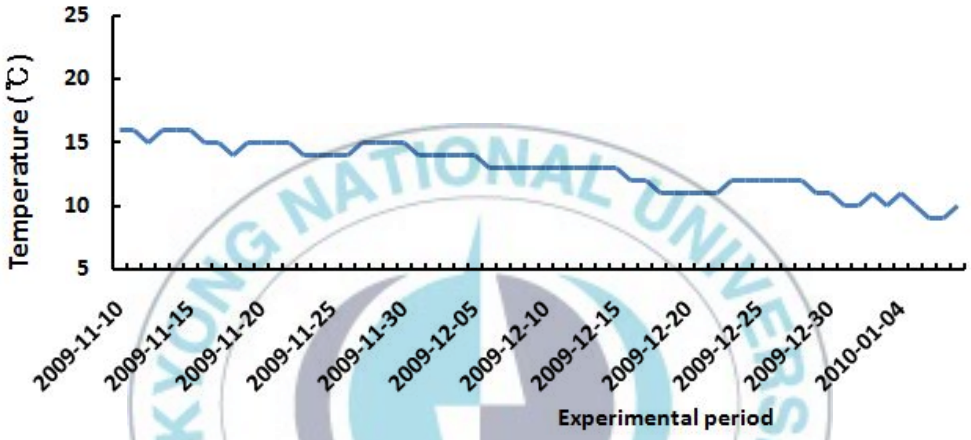

Fig. 23. Changes of water temperature (℃) for experimental period.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

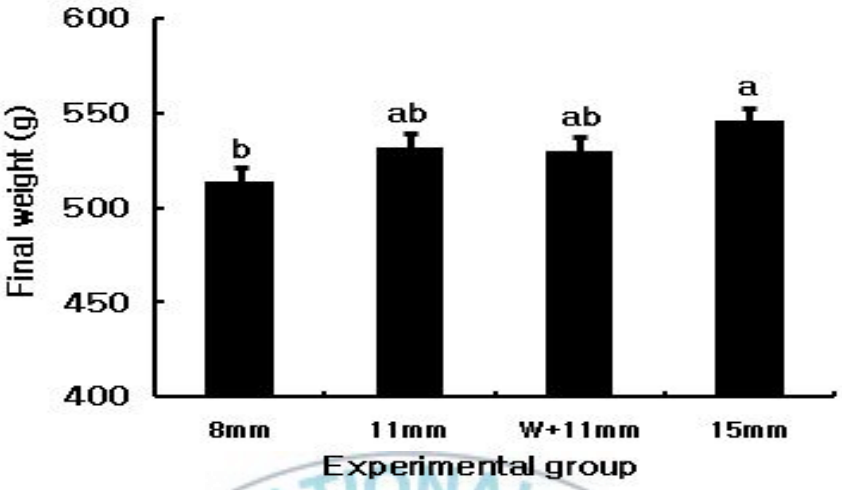

Fig. 24. Final weight of young adult flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature.

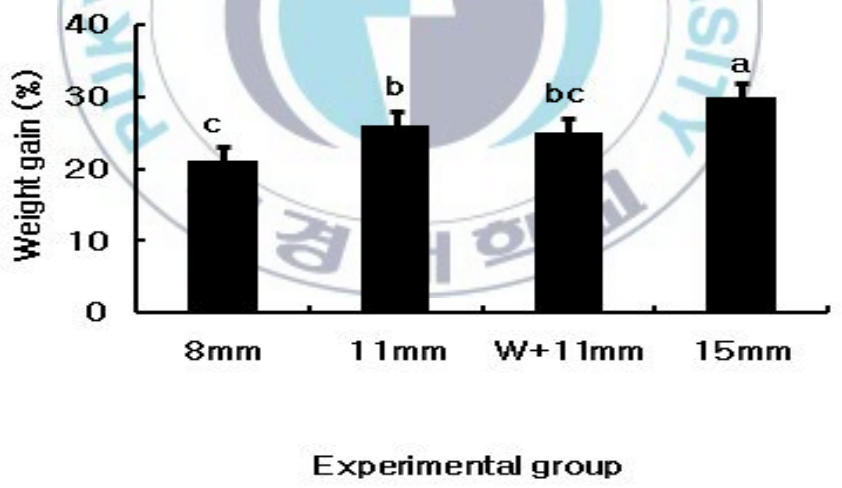

Fig. 25. Weight gain of young adult flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature.

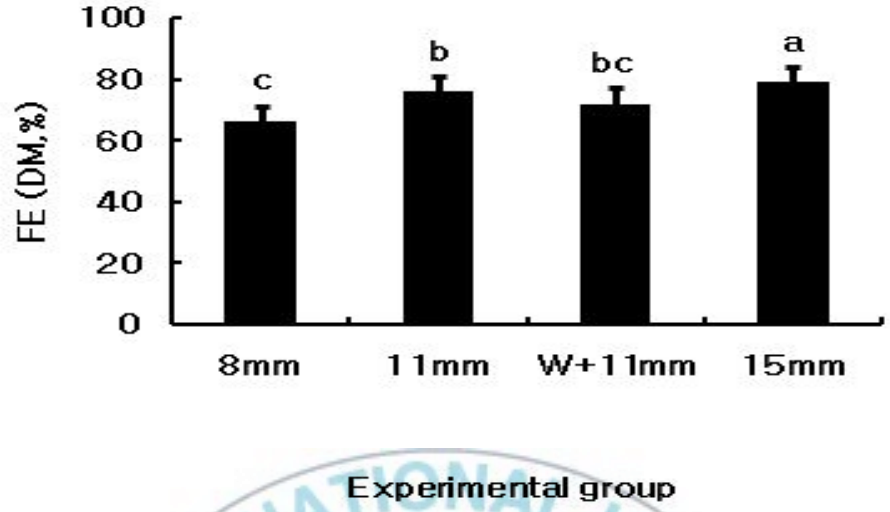

Fig. 26. Feed efficiency (DM) of young adult flounder fed the experimental group for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature.

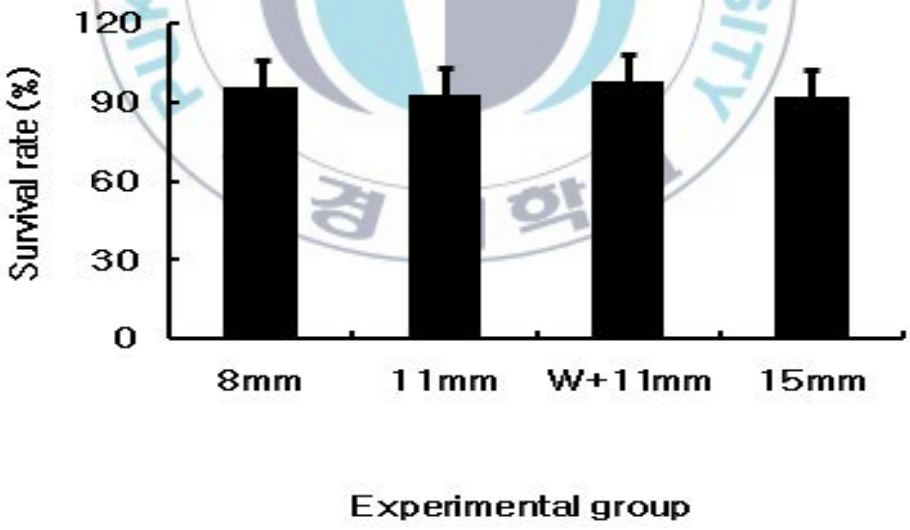

Fig. 27. Survival of young adult flounder fed the experimental diets for 8 weeks in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature.

Fig. 28. experimental diets (extruded pellet)

제 3 장 적정수온 및 저수온에서 배합사료의 공급횟수와 수분첨가가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향

1. 서 론

오늘날 어류 양식 산업의 지속적인 발전을 위해서는 양어사료 연구를 통한 생산성 및 경제성 향상은 필수불가결한 것이다(Bai, 1996). 사료는 어류의 체내 대사 및 성장에 미치는 가장 중요한 요인 중 하나로써 양식에 소요되는 비용 중 사료비는 다른 요소들에 비해 상대적으로 높은 비율을 차지하며, 양식장 환경 및 질병과 함께 가장 중요하게 고려해야 할 요인들 중 하나이다. 특히 사료공급은 양식현장의 사육관리자들에 의해 이루어지므로 성공적인 양식어류 생산을 위한 중요한 변수이다. 대상 어종에 적합한 우수한 배합사료를 개발하는 것도 중요하지만 개발된 배합사료를 효율적으로 사용하는 것 또한 양식 생산성을 높이는데 있어 중요한 문제이다. 따라서, 어류의 최대성장을 위하여 성장단계별, 수온에 따른 배합사료의 적정공급방법을 결정하는 것은 양식 생산성의 향상과 수질오염 감소를 위해 매우 중요하다고 할 수 있다.

양식현장에서는 일반적으로 배합사료에 수분을 첨가해서 공급하는 것이 일반화 되어 있다. 이는 배합사료의 수분첨가로 인해 사료섭취량이 증가되고, 질병발생이 저하 된다는 막연한 기대감 때문이다. 배합사료에 수분을 첨가하면 사료의 산패 및 냉동보관 등의 문제가 발생한다. 습사료에서 배합사료로 전환 하더라도 수분첨가의 번거로움과 그로 인해 발생하는 각종경비 등은 배합사료로 전환 하는데 걸림돌이 될 수도 있는 중요한 문제이다. 학계에서도 수분첨가에 대한 연구 자료가 알려진 바 가 없어 현장에서는 오랜 관행으로 이어져 왔다. 배합사료의 수분첨가가 아무런 영향을 미치지 않는다면 양식경영, 관리적 측면에서 혁신을 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

어류에 있어 사육수온은 어류의 사료섭취량에 영향을 미칠 수 있다(Brett and Higgs, 1970). 양식현장의 적정수온, 고수온에서 사료공급횟수는 치어 1일 3~5회, 육성어 1일 2~3회, 미성어 1일 2회로 알려져 있으나, 이 역시 양식장의 실정에 따라, 관리자의 판단에 따라 각기 다른 실정이며, 저수온에서는 부진한 사료 섭취량으로 인해 사료공급을 1일 1~2회 공급하고 있는 실정이다. 이에 본 실험을 통해 현장에서의 적정수온, 저수온기의 적정 사료공급횟수를 평가하고, 동시에 현장에서 일반화 되어 있는 배합사료(EP) 공급시 수분첨가의 사육효과를 알아보고, 확실한 연구자료 제시를 통하여 배합사료의 올바른 사용지침 수립을 위하여 수행하였다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

2. 실험 Ⅳ. 적정수온 육성어기 현장 사육실험

(1) 연구목표

본 실험은 현장에서 실용적으로 응용할 수 있는 넙치의 최대성장과 효율적인 배합사료 공급을 알아보고자 적정수온기(여름철)의 실험을 통해 현장에서의 적정 사료공급횟수와 양식현장에서 일반화 되어 있는 배합사료(EP) 공급 시 인위적인 수분첨가의 효과가 넙치 미성어의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 알아보고자 하는데 그 목적이 있다.

(2) 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육관리

실험어는 경북 포항시 송라면에 위치한 넙치 양식장(청양수산)으로 운반하여 콘크리트수조($30m^2$, 15톤)에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 예비사육하였으며, 실험시작 전에 모든 실험구는 실험사료에 적응시키기 위해 넙치 상품사료(수협사료)를 4주간 동일하게 공급하였다. 예비사육 후, 평균무게 84 ± 4g (mean ± SD)인 넙치 육성어를 콘크리트수조에 각각 1600마리씩 수용하여 각 사료구당 2반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 시간당 18회전으로 조절하였다. 각 수조는 충분한 산소 공급을 보충하기 위해 에어 스톤을 설치하였으며, 실험기간 동안 평균 수온은 22 ± 7℃ 범위였다. 사육수의 염분은 31.5~33.9‰이었고, 용존산소(DO)는 3~6 mg/ℓ의 범위였다. 일일 사료공급량은 전 실험기간 평균 어체중의 0.14~0.19%(건물기준)로 1일 2회(오전 8시, 오후 4시) 공급하였으며, 사육실험기간은 3개월간(2009년 6월 28일~2009년 10월 2일) 실시하였다.

나. 실험설계 및 실험사료

실험사료는 시판 상품사료를 사용하여, 실험구 A는 배합사료에 수분을 첨

가하지 않고, 1일 3회 공급. 실험구 B는 배합사료에 수분을 첨가하지 않고, 1일 2회 공급, 실험구 C는 배합사료에 15%의 수분을 첨가시킨 사료를 1일 2회 공급, 실험구 D는 배합사료에 수분을 첨가하지 않고, 1일 1회(오전)공급, 실험구 E는 배합사료에 수분을 첨가하지 않고, 1일 1회(오후)공급으로 구성하여 총 5개의 실험구로 구성하여 2반복으로 실시하였다. 넙치 실험에 사용된 상품사료(EP)의 일반성분 분석결과는 Table 21에 나타내었다. 실험사료는 52%, 조지방은 10～12%로 설계되었으며, S사의 상품부상 EP사료를 사용하였다.

다. 어체측정

어체 측정은 1달 간격으로 실시하였으며, 성장도를 측정하기 위하여 24시간 절식시킨 후 수조 당 100마리씩 무작위로 무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증체율(%, WG), 사료효율(FE), 및 생존율(survival rate)을 조사하였다.

라. 성분분석

실험사료, 등근육, 간, 내장의 일반성분을 분석하였으며, 간중량 지수(HSI), 복강 내 지질(IPF) 측정을 위해 각 수조별로 무작위로 추출하여 5마리씩 간의 무게를 측정하고, 분쇄하여 간과 내장을 분석하였으며, AOAC 방법(1984)에 따라 수분은 상압가열건조법(105℃, 4시간), 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.

마. 통계처리

모든 자료의 통계처리는 Computer Program Statistix 3.1(Analytical Software, St. Paul MN. USA)로 분산분석(ANOVA test)을 실시하여 최소유의차검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균 간의 유의성($P<0.05$)을 검정하였다.

Table 21. Proximate composition (%) of for grower flounder fed EP and dorsal muscle diets diet at the optimum water temperature

Diets	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
EP	9.53	50.12	8.32	11.25
EP(with water)	24.15	42.36	7.46	9.26
Dorsal muscle	75.35	21.23	0.42	

(3) 결과 및 고찰

3개월 동안 사육한 넙치의 5가지 실험구의 성장 결과를 Table 22에 나타내었다. 최초 평균체중 84g의 넙치 육성어를 3개월간 사육한 결과, 최종체중은 실험구A(305g)가 실힘구 B(275g), 실험구 C(278g)에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었으며, 실험구 D(261g), 실험구 E(253g)는 유의적으로 가장 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 증체율은 실험구 A(263%)가 실험구 B(231%), 실험구 C(219%), 실험구 D(210%) 및 실험구 E(198%)와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며, 실험구 B(231%), 실험구 C(219%), 실험구 D(210%)간에는 유의적인 차이가 없었으나, 실험구 E가 다른 실험구들과 비교하여 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었다($P<0.05$). 사료효율은 실험구 E가 가장 높은 값을 보였으며, 실험구 B가 유의적으로 가장 낮은 값을 보였고, 다른 실험구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다($P<0.05$). 생존율은 80%～87%로 모든 실험구간에 차이가 없었다($P>0.05$). 배합사료에 수분을 첨가한 실험구 C는 수분을 첨가하지 않은 실험구 B와 비교하였을 때, 최종체중, 증체율, 사료공급량 및 생존율에 있어서 유의적인 차이를 보이지 않았고, 사료효율은 배합사료에 수분첨가하지 않은 실험구 B가 유의적으로 낮은 값을 보였으나, 수분을 첨가한 실험구 C는 다른 수분을 첨가하지 않은 실험구와 비교 하였

을 때는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나, 본 실험에서 배합사료에 수분첨가는 불필요한 것으로 판단되었다. 여름철에 수행된 본 실험의 평균수온은 20.3℃ 내외였으며, 실험기간 중 7월의 평균수온은 18.3℃였으며, 8, 9월의 평균수온은 22～23.7℃로 나타났다.

실험어의 등근육, 간 및 내장의 일반성분 분석 결과 및 간중량지수, 복강내 지질 측정 결과를 Table 23 및 24에 각각 나타내었다. 등근육(dorsal muscle)에 있어서 수분, 조단백질, 조지질은 모든 사료구간에서 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 간(liver)에 있어서도 수분, 조단백질, 조지질, 모든 항목에서 유의적인 차이가 없었고($P>0.05$), 간을 제외한 내장(abdomined organs except liver)에 있어서도 조단백질은 모든 실험구간에 유의적인 차이가 없었으며($P>0.05$), 조지질은 실험구 D가 가장 높은 값을 보였고, 다른 실험구간에는 유의적인 차이가 없었다($P<0.05$). 간중량지수(HSI), 복강내 지질(IPF)에서는 모든 실험구들 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

사료공급은 양식어류 생산에 있어 어류의 최대성장과 수익을 위한 중요한 변수이다. 어류에 있어 수온은 성장, 번식, 대사, 삼투압조절 및 면역작용 등에 영향을 미치고(Ishioka, 1980; Davis and Parker, 1990) 어류의 사료섭취량에 영향을 미칠 수 있을 뿐만 아니라 생체의 대사속도와 직접적인 관련이 있기 때문에(Brett and Higgs, 1970) 양식에 있어서 고려되어야할 중요한 요인이다. 넙치는 저수온(15℃이하)보다 20℃이상의 적정수온에서 성장이 좋은 어종으로 알려져 있다. 어류의 사료섭취량은 수온, 어종, 어류의 크기(치어, 육성어, 미성어) 및 사료의 조성 등에 영향을 받기 때문에(Lee et al., 2000a; Lee et al., 2000b) 이러한 요인들을 고려하여 양식 어종별로 사료의 적정공급체계가 확립 되어야 한다. 저수온기(9～15℃)에 수행하였던 미성어 실험에서 월평균 증체량이 20～30g내외로 나타났고, 적정 수온기(20℃이상)에 수행된 본 실험에서 월평균 증체량이 100g내외로 나타났다. 이는 동해안 지역이 타 지역에 비해 성장이 늦어 질 수밖에 없는 이유가 된다. 동해안 지역은 연중 저수온기(9～15℃이하)가 6개월 정도 유지되기 때문이다.

사료공급량은 공급횟수가 늘어남에 따라 증가하는 경향을 보였고, 최종체중

역시 공급횟수가 늘어남에 따라 증가 하였다. 사료효율은 실험구에 따라 유의적인 차이가 없었고, 저수온기에 수행되었던 실험과는 다른 경향을 보여 적정수온에서 넙치의 최대성장을 위한 사료공급횟수는 3회가 적당할 것으로 판단되었다. 평균수온 19.5℃에서 수행된 Seo et al. (2005b)의 연구에서 평균체중 55~90g의 넙치의 경우 1일 2회 만복으로 공급하는 것이 적합할 것으로 보고 하여, 본 실험과는 다른 결과를 보였으나, 본 실험은 평균수온이 21 ± 8℃였고, 최초체중이 83g내외에서 305g내외까지 성장하였고, 실험기간도 길었기 때문에 적정 공급횟수가 1일 3회로 평가 되었다고 판단되었다. Lee et al. (2000a)은 치어기 넙치 사료의 적정 공급횟수는 사료 에너지 함량에 따라 일일 2회 또는 일일 3회로 달라 질수 있다고 보고 하였다. 어류의 크기와 수온, 어종에 따라 적정 사료 공급횟수는 달라진다. 이는 사료섭취 후 소화기관(위, 장)이 비워지는 시간(gastric evacuation time)과 밀접한 관계를 가지며(Holmgren et al, 1983), 어류의 사료섭취량은 위의 포만과 장 배설시간에 따라 달라질 수 있다고 보고되어 있다(Grove and Crawford, 1980; Grove et al., 1985).

양식현장에서는 넙치의 소화를 돕기 위해서 배합사료에 수분을 첨가해서 공급하는 것이 일반화되어 있다. 사료 내 수분의 함량은 영양소의 소화에 도움을 주지만, 과하게 첨가되면 세균이 번식하기 좋은 조건을 제공하기 때문에 적정량의 수분이 첨가되는 것이 중요하다. 일반적인 상품 배합사료의 수분함량은 9~10%내외인데, 현장에서는 사료 물성을 더욱 좋게 하기 위해 배합사료에 수분첨가를 하기 위해서 수분 코팅기를 구입하여 사용하거나 손수 배합사료를 수분에 흡착 시켜야 하고, 수분이 첨가된 배합사료는 냉동보관 하지 않으면, 쉽게 산패되기 때문에 습사료(MP)와 마찬가지로 보관에도 신경을 써야 한다. 이로 인해 배합사료를 사용하더라도 배합사료의 장점이 수분첨가의 번거로움으로 인해 또 다른 문제가 될 수 있는 것이다. 양식현장에선 사료에 수분을 첨가하지 않고, 사료공급 시 사료 섭취율이 떨어지고, 복수증이 발생되어 폐사량이 증가되고, 성장이 둔화된다는 인식을 갖고 있다. 이런 속설를 알아보기 위하여 수행된 폐사 중 복수증 폐사어의 수를 조사하였으나, 수분첨가 유무에 따라 비교하였을 때 유의적인 차이가 없었으

며, 사료공급회수에 따라 비교하였을 때는 공급횟수에 따라 복수증 폐사가 늘어나는 경향을 보였으나, 모든 실험구에서 폐사량 중 복수증 폐사의 비율은 1~7%이하로 차이가 없었다. 사료공급 방법이 복수증 폐사에 영향을 미치지 않았고 판단되었다. 본 실험에서 도출된 결과를 비추어 볼 때, 여름철(17~26℃) 배합사료에 인위적으로 수분을 첨가 하지 않으면 작업량 감소, 경제적 비용 절약, 사료의 산패도 감소 등의 장점이 있어, 보다 경제적으로나 효율적으로 양식장을 관리할 수 있다.

따라서, 상기 실험 결과를 토대로 하였을 때 적정수온(13~25℃)에서 80~300g의 넙치의 경우 배합사료의 인위적인 수분첨가는 불필요한 것으로 나타났으며, 최대 성장을 위해서는 사료공급을 1일 3회로 하는 것이 효율적일 것으로 판단되었다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Table 22. Effects of grower flounder fed the extruded pellets for 3 months at optimum water temperature[1]

	Experimental groups					
	A	B	C	D	E	Pooled SEM
Initial wt. (g)	**84**	**83**	**87**	**84**	**85**	**0.28**
Final wt. (g)	**305**^{a}	**275**^{b}	**278**^{b}	**261**^{c}	**253**^{c}	**6.22**
Wt. gain (%)[2]	**263**^{a}	**231**^{b}	**219**^{b}	**211**^{b}	**198**^{c}	**7.91**
FE(DM) (%)[3]	**125**	**116**	**117**	**126**	**130**	**2.00**
Hernia mortality	**28**	**30**	**17**	**3**	**12**	**-**
Hernia mortality(%)	**7**	**5**	**4**	**1**	**2**	**-**
Survival rate (%)	**87**	**80**	**87**	**86**	**84**	**1.20**

[1]Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

[2]Percent weight gain (final wt. - initial wt.) × 100 / initial wt.

[3]Feed efficiency, (Fish wet weight gain × 100 / dry feed intake)

A: three times per day without water.

B: two times per day without water.

C: two times per day with water.

D: one time in the morning without water.

E: one time in the afternoon without water.

Table 23. Proximate composition (%) of dorsal muscle and liver for grower flounder fed EP diet during 3 months at the optimum water temperature[1]

Diets	A	B	C	D	E	Pooled SEM
Dorsal muscle						
Moisture	74.05	73.84	73.79	73.79	73.78	0.16
Crude protein	24.17	22.83	23.38	22.38	22.22	0.31
Crude lipid	0.65	0.59	0.60	0.64	0.71	0.03
Liver						
Moisture	62.61	61.675	62.5	58.03	57.23	1.22
Crude protein	11.18	10.93	10.98	11.44	11.02	0.17
Crude lipid	21.89	21.33	20.24	20.65	20.51	0.50
Intestine[2]						
Crude protein	11.14	10.53	10.07	9.23	9.96	0.27
Crude lipid	0.84[b]	1.05[b]	1.03[b]	1.61[a]	1.14[b]	0.09

[1]Values (mean ± SE of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

[2]abdomined organs except liver.

A: three times per day without water.

B: two times per day without water.

C: two times per day with water.

D: one time in the morning without water.

E: one time in the afternoon without water.

Table 24. Proximate composition (%) of intestinal organs for grower flounder fed EP diets during 3 months at the optimum water temperature[1]

Diets	A	B	C	D	E	Pooled SEM
HSI	1.83	1.76	1.55	1.53	1.58	0.05
IPF	3.31	3.39	3.53	3.21	3.13	0.01

Hepatosomatic index; (liver weight / body weight) × 100.

Intra perioneal fat.

A: three times per day without water.

B: two times per day without water.

C: two times per day with water.

D: one time in the morning without water.

E: one time in the afternoon without water.

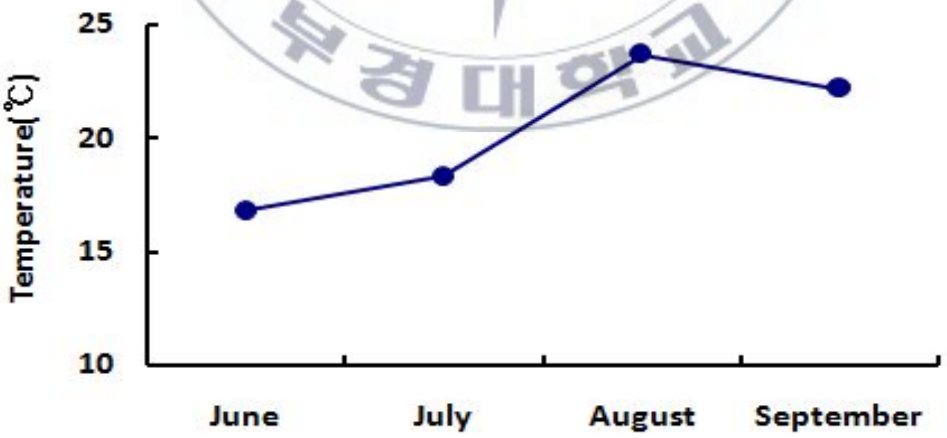

Fig. 29. Changes of water temperature (℃) for experimental period.

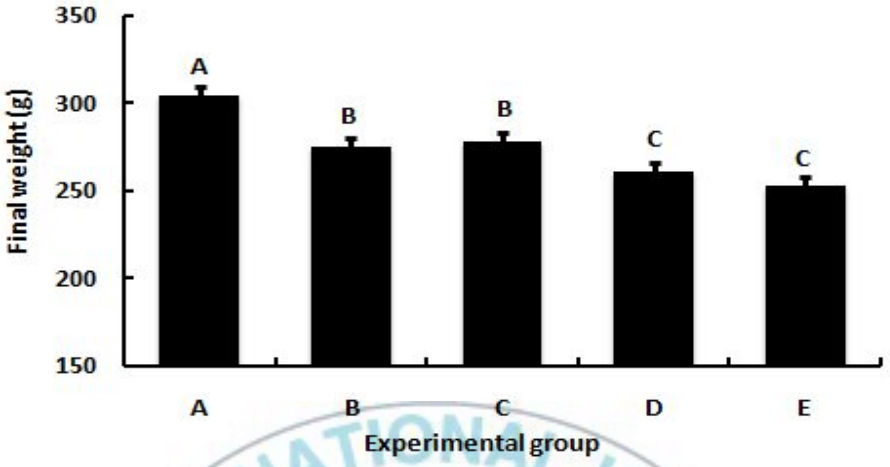

Fig 30. Final weight of grower oliver flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature.

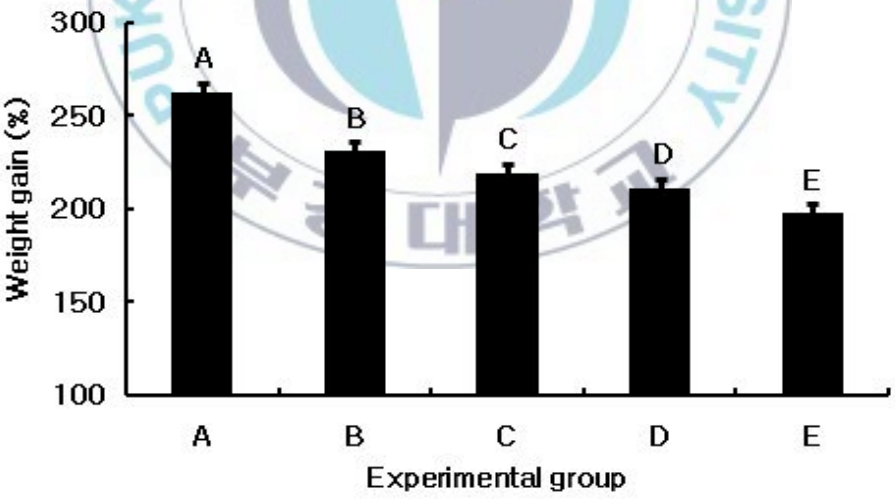

Fig. 31. Weight gain of grower oliver flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature.

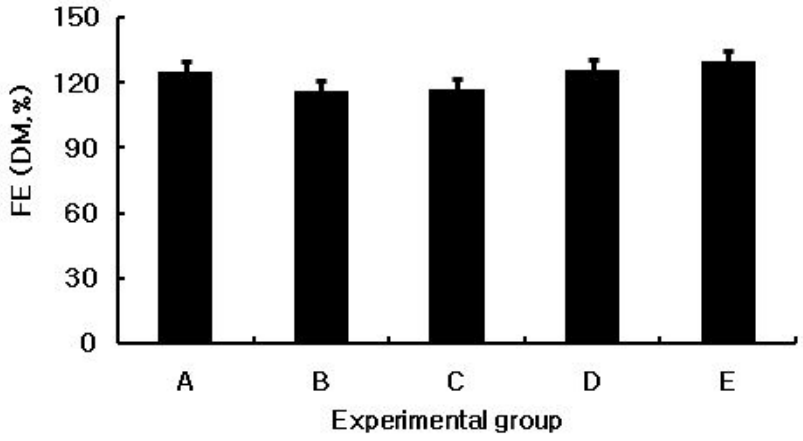

Fig. 32. Feed efficiency (DM) of grower oliver flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature.

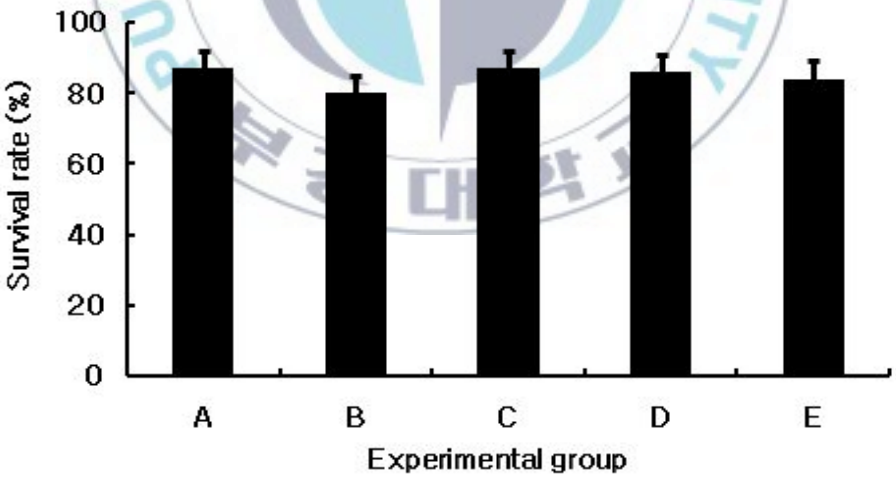

Fig. 33. Survival rate of grower oliver flounder fed the experimental diets for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the optimum water temperature.

실험 Ⅴ. 저수온 미성어기 현장 사육실험

(1) 연구목표

본 실험은 현장에서 실용적으로 응용할 수 있는 넙치의 최대성장과 효율적인 배합사료 공급을 알아보고자 사료 섭취가 부진한 저수온에서의 적정 공급횟수와 배합사료 공급 시 인위적인 수분첨가가 넙치 미성어의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 알아보는데 그 목적이 있다.

(2) 재료 및 방법

가. 실험어 및 사육관리

실험어는 경북 포항시에 위치한 넙치 양식장(청양수산)으로 운반하여 콘크리트수조($30m^2$, 15톤)에서 실험 환경에 적응할 수 있도록 4주간 예비사육하였으며, 실험시작 전에 모든 실험구는 실험사료에 적응시키기 위해 넙치 상품사료(수협사료)를 동일하게 공급하였다. 예비사육 후, 평균무게 621 ± 15g (mean ± SD)인 넙치 미성어를 콘크리트수조에 각각 900마리씩 수용하여 각 사료구당 2반복으로 무작위 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 시간당 18회전으로 조절하였으며, 약하게 폭기를 시켜 산소를 공급하였다. 실험기간 동안 평균 수온은 12 ± 3℃ 범위였고, 염분은 31.5~33.9‰, 용존산소(DO)는 5.9~6.9 mg/ℓ의 범위였다. 사료는 1일 1~2회(오전 8시, 오후 4시) 만복공급(일반적으로 최대성장을 위해 어류가 섭이 활동을 할 때 까지 계속 공급하는 방법) 하였으며, 사육실험기간은 3개월간(2009년 1월 14일~2009년 4월 15일) 실시하였다.

나. 실험사료 및 실험설계

실험사료는 시판되고 있는 넙치용 상품사료를 사용하여, 실험구 A는 배합사료에 수분을 첨가하여 사료를 1일 2회 공급, 실험구 B는 배합사료에 수분

을 첨가하지 않고, 1일 2회 공급, 실험구 C는 배합사료에 수분을 첨가하여 1일 1회 공급, 실험구 D는 수분을 첨가하지 않고, 1일 1회 공급하여 총 4개의 실험구로 구성하여 2반복으로 실시하였고, 넙치 실험에 사용된 상품사료(EP)의 일반성분 분석결과는 Table 25에 나타내었다. 실험사료는 단백질 52%, 조지방은 10～12%였으며, S사의 상품부상 EP사료 15mm를 사용하였다.

다. 어체측정

성장도 조사를 위해 어체측정을 1달 간격으로 실시하였으며, 수조당 100마리씩을 무작위로 하여 무게를 측정하였다. 사육실험종료 후, 최종체중, 증체율(%, WG), 사료효율(FE) 및 생존율(survival rate)을 조사하였다. 간중량지수(HSI), 간내 조지질(CF), 근육비(MR), 복강내 지질(IPF) 측정을 위해 각 수조별로 2마리씩 간의 무게를 측정하였다.

라. 성분분석

실험사료와 실험어의 일반성분 분석은 각 수조별로 5마리씩 무작위로 추출하여 분리한 등근육과 간, 내장을 분석하였으며, AOAC 방법(1984)에 따라 수분은 상압가열건조법(105℃, 6시간)으로, 조단백질은 kjeldahl 질소정량법(N×6.25)으로 측정하였으며, 조지방은 샘플을 12시간 동결건조한 후, Velp, SER148(Italy)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였으며, 조회분은 직접회화법으로 측정하였다.

라. 통계처리

결과의 통계처리는 SPSS program을 사용하여 One-way ANOVA-test, Two-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성을 검정하였다.

Table 25. Proximate composition (%) of for young adult flounder fed EP and dorsal muscle diets at the sub-optimum water temperature

Experimental groups	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
EP	9.57	50.17	8.51	11.56
EP(with water)	23.53	42.60	7.86	9.73
Dorsal muscle	77.35	21.47	0.30	

(3) 결과 및 고찰

3개월간의 넙치 사육실험 성장 결과를 Table 26에 나타내었다. 최종체중(Final wt.), 증체율(wt. gain, %), 사료효율(DM %) 및 생존율(Survival rate)은 모든 실험구에서 유의한 차이를 보이지 않았다.(P>0.05). 사료공급량은 공급1회구들에 비해 공급2회구들이 많은 양을 섭취하였으나, 성장에는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 공급1회구들에 비해 공급2회구들이 사료유실 량이 많았던 것으로 판단되었다. 본 실험에서 평균수온은 12℃내외였으며, 가장 낮았던 때의 수온은 1월에 8℃였으며, 가장 높았던 수온은 실험이 종료되기 직전의 4월에 16℃로 나타났다.

사육실험 종료 후, 실험어의 등근육, 간 및 내장의 일반성분 분석 결과와 간중량지수(HSI)와 복강내 지질(IPF), 근육비(MR)을 Table 31 와 32에 각각 나타내었다. 등근육(dorsal muscle)에 있어서 수분함량은 모든 실험구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 조단백질은 A(수분첨가, 공급2회) 실험구가 다른 실험구들에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 다른 실험구들 간에 유의적인 차이는 없었고(P<0.05), 조지질은 C(수분첨가, 공급1회) 실험구가 다른 실험구들에 비해 높게 나타났고, 다른 실험구들 간에는 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 간(liver)의 분석결과에서 수분과 조단백질함량은

C(수분첨가, 공급1회) 실험구가 다른 실험구들에 비해 높게 나타났으며 ($P<0.05$), 다른 실험구들 간에 유의적인 차이는 없었다($P<0.05$). 조지질은 D 실험구(공급1회)가 가장 높게 나타났고, C실험구(수분첨가, 공급1회)가 가장 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 내장(abdomined organs except liver)에 있어서 조단백질 함량은 A실험구(공급1회)가 가장 낮은 값을 보였고, 다른 실험구들 간에 유의적인 차이는 없었다($P<0.05$). 조지질 함량은 B실험구(공급2회)가 가장 높은 값을 보였으며, 다른 실험구들 간에 유의적인 차이는 없었다($P<0.05$). 간중량지수(HSI)와 복강내 지질(IPF)은 실험구들 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$), 근육비(MR)는 C실험구(수분첨가, 공급1회)와 D실험구(공급1회)가 가장 높은 값을 보였고, A실험구(공급1회)는 가장 낮은 값을 보였고, B실험(공급2회)는 모든 실험구와 유의적인 차이가 없었다($P<0.05$). 공급횟수와 수분첨가 간의 상호 효과도 통계적인 차이가 없는 것으로 나타났다($P>0.05$).

최근 넙치 사육에 있어서 습사료에 비해 배합사료가 성장이 뒤처지지 않는다는 연구결과들이 많이 보고되고 있고(Cho et al., 2005; Lee et al., 2005), Kim et al. (2005a)은 200g의 넙치 육성어(200～680g)를 대상으로 장기간(12개월) 사육실험에서 배합사료(EP)가 습사료(MP)에 비해 좋은 증체율과 생존율을 보였다고 보고하였다. 배합사료는 습사료에 비해 많은 장점을 가지고 있고, 배합사료의 성장도가 습사료와 큰 차이가 없기 때문에 이제는 습사료와의 비교평가 보다 배합사료 자체의 효율적 사용방법에 관한 연구가 선행 되어야 한다.

사료공급은 양식어류 생산에 있어 어류의 최대성장과 수익을 위한 중요한 변수이다. 어류에 있어 수온은 성장, 번식, 대사, 삼투압조절 및 면역작용(Ishioka, 1980; Davis and Parker, 1990) 뿐만 아니라, 어류의 사료섭취량과 생체의 대사속도에 직접적인 영향을 미치기 때문에(Brett and Higgs, 1970) 양식에 있어서 고려되어야 할 중요한 요인이다. 넙치는 저수온(15℃ 이하)보다 20℃ 이상의 수온에서 성장이 좋은 어종으로 알려져 있다. 수온이 낮아지면 질병이 감소되어 폐사량이 줄어드나, 사료섭취량 역시 줄어들어 성장속도가 감소된다. 본 실험에서 모든 실험구간에 성장도와 사료효율 등 모

든 항목에서 유의적 차이가 나타나지 않았고, 체조성에서 등근육, 간 및 내장 등에서 유의적인 차이를 보였던 항목에서도 의미 있는 차이라고 볼 수 없었다. 사료공급량은 공급1회구에 비해 공급2회구의 섭취량이 많은 걸로 나타났으나 성장에는 차이가 없는 것으로 보아 사료를 1회 공급할 때 보다 2회 공급할 때가 사료 유실이 증가된다고 판단되었다. 어류양식에 있어서 어류로부터 섭취되지 않은 유실된 사료는 수질 오염을 야기 시킨다(Cho et al., 1991: 1994). 양식현장에서 사료유실은 비용증가와 사료효율의 감소를 의미하기 때문에 사료유실을 줄이려는 노력이 계속되는데, 그런 점에서 본 실험결과, 저수온에서 사료공급을 1일 1회로 줄이는 것이 여러 가지 측면에서 효율적이라 판단되었다.

Kim et al. (2005b)은 넙치 치어(45～53g)를 대상으로 부상 배합사료(EP)의 공급한 결과, 겨울철(10℃ 전후)에 사료섭취량이 0.5% 전후로 매우 낮게 나타났다고 보고하였다. 본 실험에서는 일일 사료섭취량이 0.14～0.19%(건물기준)로 나타나 치어기에 비해 미성어기에서 저수온기 어체중당 사료섭취량은 더 떨어지는 것으로 나타났다. Kim et al., (2009)은 저수온기(12℃) 넙치 미성어(270～350)의 적정 사료 공급횟수를 1일 1회, 만복 공급하는 것이 적합할 것으로 판단하였으며, 평균수온(12℃)에서 넙치 미성어(621～722g)을 대상으로 한 본 실험과 동일한 결과를 나타냈다. 저수온기(11～12℃) 넙치 치어기(6～13g, 45～53g)의 경우 적정 사료 공급횟수가 1일 2회가 적합할 것으로 보고하였고(Kim et al., 2005b, Kim et al., 2007), 치어기 넙치에서는 동일한 사료 조성과 공급횟수에서 만복 공급구가 제한 공급구에 비해 성장이 유의하게 높은 결과를 보여 만복공급이 더 효율적임을 보고하였다(Seo et al. 2005a; Seo et al. 2005b). 같은 수온에서라도 치어, 육성어, 미성어에 따라 어체중 당 사료섭취율이나, 섭취량은 달라진다. 저수온(10℃)에서, 미성어는 오전사료공급의 경우 사료를 거의 섭취하지 않으나, 치어는 비교적 사료섭취가 활발한 편이다. 위의 보고들과 본 실험결과에 비추어 보았을 때 어체 크기와 수온에 따라 적정 사료 공급횟수는 달라진다. 이는 사료섭취 후 소화기관(위, 장)이 비워지는 시간(gastric evacuation time)과 밀접한 관계를 가지며(Holmgren et al, 1983), 어류의 사료섭취량은 위의 포만과 장 배설시

간에 따라 달라질 수 있다고 보고되었다(Grove and Crawford, 1980; Grove et al., 1985).

양식현장에서는 넙치의 소화를 돕기 위해서 배합사료에 수분을 첨가해서 공급하는 것이 일반화되어 있는데, 상품 배합사료 내 수분의 함량은 9~10% 수준이다. 적정량의 수분은 영양소의 소화를 돕지만, 과하게 첨가되면 세균이 번식하기 좋은 조건을 제공하기 때문에 적정령의 수분이 첨가되는 것이 중요하다. 양식현장에서는 수분첨가를 하기 위해서 수분 코팅기를 사용하거나 손수 배합사료를 수분에 흡착시켜야 하고, 수분이 흡착된 배합사료는 냉동보관 하지 않으면, 쉽게 산패되기 때문에 습사료와 마찬가지로 보관에도 신경을 써야 한다. 이로 인해 배합사료를 사용하더라도 배합사료의 장점이 수분흡착의 번거로움으로 인해 또 다른 문제를 야기 시킬 수 있는 것이다. 양식현장에선 사료에 수분을 첨가하지 않고, 사료공급 시 복수증 질병(탈장)이 발생되어, 폐사량이 증가되고, 사료 섭취량이 감소되어 성장이 둔화된다는 인식를 갖고 있다. 이를 위해서 수행된 본 실험에서 도출된 결과를 비추어 볼 때, 저수온기(9~14℃) 배합사료 공급 시 수분흡착을 하지 않고, 사료를 공급한다면 기존의 수분흡착 하는 것에 비해 작업량 단축과 유지비 절감 등 배합사료의 장점을 극대화 시킬 수 있을 것이다. 최근에 인건비, 유지비 등 각종 경비는 상승하고 있고, 양식어의 판매가격은 동결 또는 하락하고 있는 추세이기 때문에 수분첨가나 공급횟수가 어류의 성장에 영향을 주지 않는다면 수분첨가를 하지 않는 것이 더 경제적이며, 1일 사료공급을 2회에서 1회로 줄이는 것이 사료효율이나 유실 등의 경제적 측면과 작업량감소, 작업시간 단축 및 어류의 스트레스 감소 등의 장점으로 이어질 수 있을 것이다. 또한 사료공급 횟수를 1회로 줄임으로써 사료비절감 및 수질오염 감소 등의 효과를 가져와 양식장의 경영적 측면에서 경제적인 비용절감과 효율성을 극대화 시킬 것으로 판단된다.

따라서, 상기 실험 결과를 토대로 하였을 때 저수온기 넙치 미성어의 경우 배합사료 공급 시 수분첨가의 효과는 저수온기에 있어서 특별한 효과가 없는 것으로 밝혀졌으며, 공급횟수 또한 모든 실험구 에서 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났지만, 사료절감과 최대성장을 목표로 하는 양식현장의

특성상 사료비, 노동력절감 및 작업시간 단축 등의 양식 경영적 측면에서 보았을 때 저수온기(8～16℃) 넙치 미성어(621～722g)의 경우 배합사료의 인위적인 수분첨가는 불필요한 것으로 나타났으며, 사료공급횟수는 1일 1회로 하는 것이 효율적일 것으로 판단되었다.

Table 26. Effects of young adult flounder fed the extruded pellets for 3 months at the sub-optimum water temperature[1]

	Experimental groups				
	A	B	C	D	Pooled SEM
Initial wt. (g)	625	624	620	626	0.27
Final wt. (g)	722	713	712	722	5.37
Wt. gain (%)[2]	15.5	14.3	14.8	15.3	1.36
FE(DM) (%)[3]	50	48	59	58	3.83
Survival rate (%)	99	99.4	99.3	99.5	0.18

[1] Values are means from triplicate groups of fish where the means in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

[2] Percent weight gain; (final wt. - initial wt.) × 100 / initial wt.

[3] Feed efficiency, (Fish wet weight gain × 100 / dry feed intake)

A: two times per day with water.

B: two times per day without water.

C: one time per day with water.

D: one time day without water.

Table 27. Final weight(g, Two way anova) for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the sub-optimum water temperature

Experimental group	with water	without water
One time per day	712	722
Two times per day	722	713

Table 28. Weight gain(%, Two way anova) for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the sub-optimum water temperature

Experimental group	with water	without water
One time per day	14.8	15.3
Two times per day	15.5	14.3

Table 29. Feed efficiency(%, Two way anova) for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the sub-optimum water temperature

Experimental group	with water	without water
One time per day	59	58
Two times per day	50	48

Table 30. Feeding rate for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the sub-optimum water temperature

Experimental group	Feeding rate(%)
A (two times per day with water)	0.18~0.19
B (two times per day without water)	0.15~0.18
C (one time per day with water)	0.14~0.15
D (one time day without water)	0.14~0.16

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Table 31. Proximate composition (%) of dorsal muscle, liver and intestine for young adult flounder fed EP diet during 3 months at the sub-optimum water temperature[1]

Experimental groups	A	B	C	D	Pooled SEM
Dorsal muscle					
Moisture	72.96	74.27	74.49	73.57	0.28
Crude protein	24.10^{a}	22.50^{b}	22.57^{b}	21.82^{b}	0.32
Crude lipid	0.57^{b}	0.31^{b}	1.22^{a}	0.62^{b}	0.13
Liver					
Moisture	58.94^{b}	60.96^{b}	74.52^{a}	55.17^{b}	2.87
Crude protein	11.80^{b}	10.78^{b}	14.68^{a}	10.07^{b}	0.69
Crude lipid	17.86^{b}	20.30^{ab}	5.76^{c}	22.99^{a}	2.51
Intestine[2]					
Moisture					
Crude protein	8.22^{b}	10.49^{a}	9.42^{a}	9.71^{a}	0.33
Crude lipid	1.40^{b}	1.99^{a}	0.93^{b}	0.87^{b}	0.18

[1]Values (mean ± SD of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

[2]abdomined organs except liver.

A: two times per day with water.

B: two times per day without water.

C: one time per day with water.

D: one time day without water.

Table 32. Intestinal organs for young adult flounder fed EP diets during 3 months at the sub-optimum temperature[1]

Experimental groups	A	B	C	D	Pooled SEM
HSI[2]	1.62	1.71	1.48	1.77	0.13
IPF[3]	3.39	2.52	3.08	3.39	0.43
MR[4]	6.45^{b}	8.53^{ab}	10.11^{a}	9.56^{a}	0.60

[1] Values (mean ± SD of three replications) in each row not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$).

[2] Hepatosomatic index = (liver weight/body weight) × 100.

[3] Intra perioneal fat.

[4] Muscle ratio.

A: two times per day with water.

B: two times per day without water.

C: one time per day with water.

D: one time day without water.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

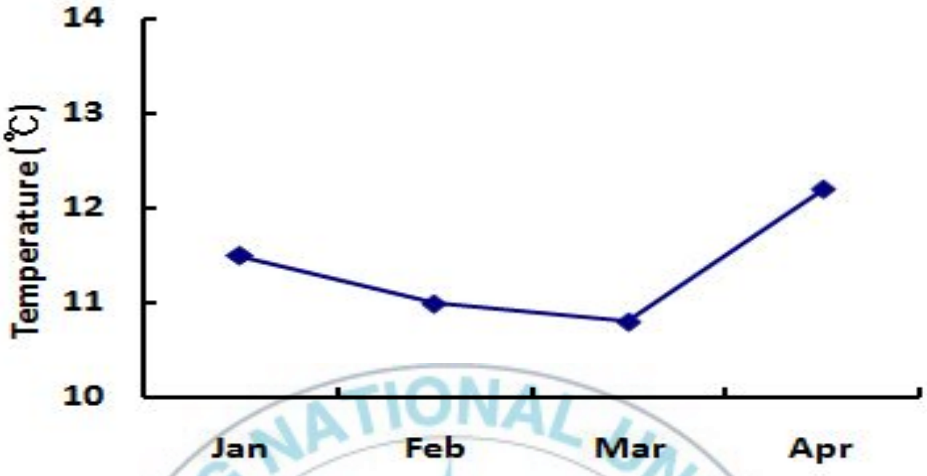

Fig. 34. Changes of water temperature (℃) for experimental period.

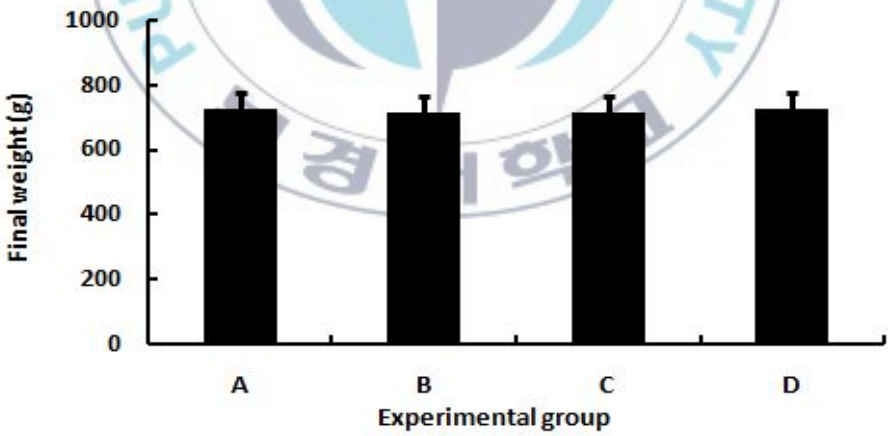

Fig. 35. Final weight of young adult flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature.

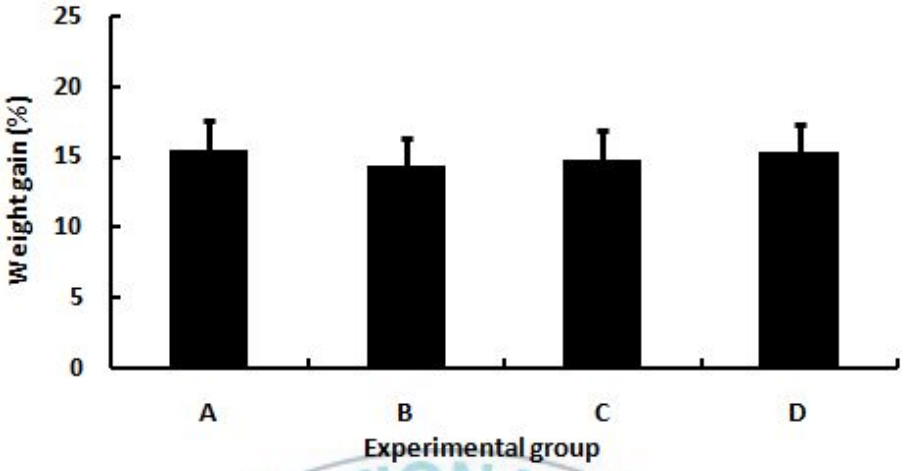

Fig. 36. Weight gain of young adult flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature.

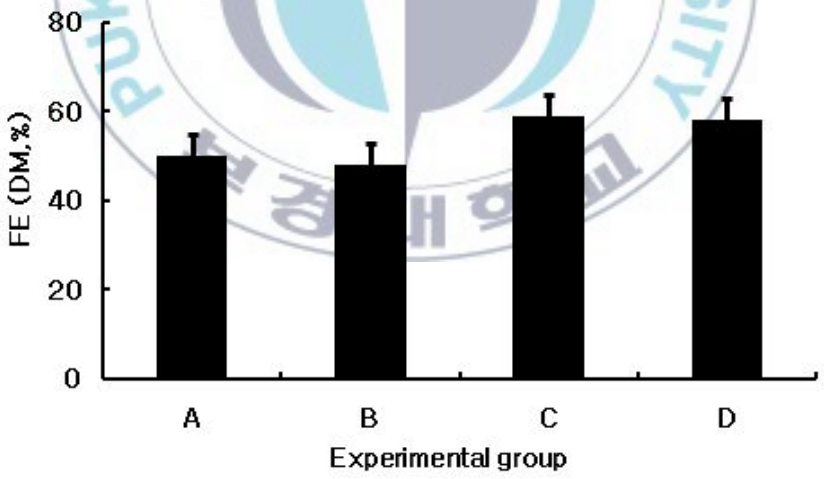

Fig. 37. Feed efficiency (DM) of young adult flounder fed the experimental group for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature.

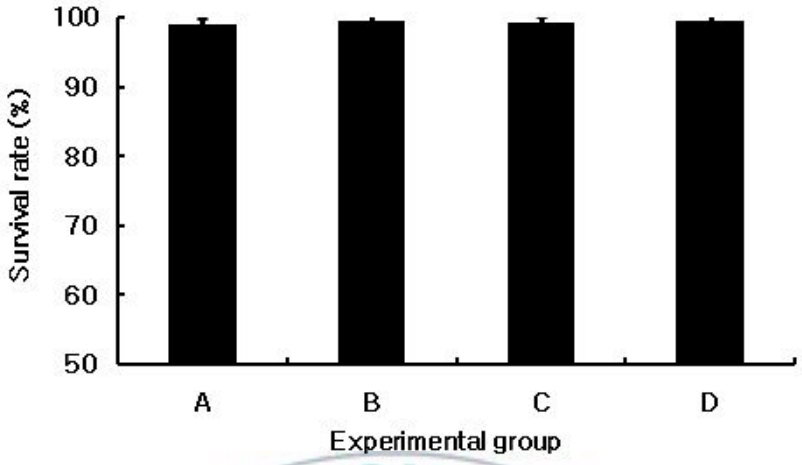

Fig. 38. Survival rate of young adult flounder fed the experimental diets for 3 months in the commercial scale farm feeding trial at the sub-optimum water temperature.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

제 4 장 종 합 고 찰

국내 대표적인 양식어종인 넙치 양식에 있어서 습사료를 대체하여 다가올 배합사료로의 완전전환을 위해 배합사료의 효율적인 사용방법을 결정하는 것은 어류 양식의 70～80%를 차지하는 사료비를 효율적인 사용을 통하여 절감시키고, 넙치의 최대 성장을 위해 중요한 과제이다. 이러한 관점에서 본 연구는 넙치의 최대성장과 효율적인 배합사료 사양관리 방안의 기초자료와 연구방향을 제시하기 위하여 수온별(적정, 고, 저수온)로 배합사료 크기가 성장과 체조성에 미치는 영향 및 적정공급횟수, 현장에서 일반화 되어 있는 배합사료의 수분첨가의 효과에 대해 알아보고자 수행하였다. 배합사료 공급 방법은 어류체중의 크기에 따라, 수온(계절)에 따라 세분화 되어야 사양관리 방안을 확립 할 수가 있다. 본 연구는 우선 수온대별로, 적정수온, 저수온, 고수온으로 나누고, 어류의 성장을 치어기, 육성어기, 미성어기로 나누어 전반적인 사육효과를 알아보기 위하여 수행된 실험이다.

배합사료 크기가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향에서 적정수온(14～18℃, 19～26℃), 고수온(20～26.9℃), 저수온(9～16℃) 치어(15～45g), 육성어(102～241g, 132～315g), 미성어(421～546g) 시기별 모두 사료크기가 성장에 영향을 미쳐 사료크기가 커질수록 성장도와 사료효율 등이 증가되는 경향을 보였고, 사료량을 동일하게 공급한 적정수온 육성어기 실험에서도 사료크기가 큰 실험구의 성장도가 유의적으로 높은 값을 보였고, 사료크기가 커질수록 사료공급시간도 감소되고, 넙치에 있어서 섭취 가능한 크기에서 큰 직경의 사료를 선택하는 것이 양식 관리적 측면이나, 넙치의 최대성장을 위해서 효율적일 것으로 판단이 되었고, 체조성의 변화에서는 적정수온 치어기, 육성어기 실험에서 사료크기가 커질수록 어체 내의 조지질의 함량이 증가되는 경향을 보였고, 고수온기 육성어 실험에서는 사료크기가 커질수록 간 내 조지질 함량이 증가 되는 경향을 보여 사료크기가 커질수록 비만도가 증가되었다. 육안으로 관찰 하였을 때도 사료크기가 큰 직경의 실험구의 어

류가 월등히 상품 가치(비만도 및 활력)가 있다고 판단되었다.

궁극적으로 모든 산업은 이윤을 창출하여 극대화시키는데 있고, 양식업 역시 소비자(유통상인)들이 선호하는 질 좋은 상품을 만드는데 있다. 그런 점에서 배합사료로 사육된 넙치가 습사료(MP)로 사육된 넙치에 비해 비만도가 떨어져 소비자들이 불신하는 현재 상황에서 사료크기를 큰 직경을 선택하여 사육하여 넙치의 비만도를 증가시켜 보다 선호하는 상품(넙치)을 생산하는 것이 배합사료로의 완전전환과 소득증대에 이바지 할 수 있다고 판단되었고, 넙치의 최대 성장 측면에서도 유리 할 것으로 판단되었다. 위의 실험결과를 양식현장에 적용 시 사료비 절감 및 보다 높은 성장, 우수한 품질의 넙치 생산 등으로 넙치 양식의 소득증대를 도모할 것이다.

적정수온 및 고수온, 저수온에서 적정공급횟수와 수분첨가가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향에서 수온의 변동과 시기에 상관없이 넙치의 소화촉진을 위해 관행적으로 이어져온 배합사료 공급 시 인위적인 수분첨가는 불필요한 것으로 나타났고, 적정공급횟수는 저수온기(8～16℃)의 미성어(620～722g)는 1일1회로, 적정수온(13～25℃)의 육성어(83～305g)기 실험에서는 1일 3회가 넙치의 최대성장이나 여러 가지 측면에서 효율적일 것으로 나타났다. 저수온기 실험결과(배합사료의 수분첨가 불필요, 사료공급 1일 1회)는 양식 현장에서 시설비, 사료비 절약, 작업량 감소로 이어져 현장 적용 시 저수온기(겨울철) 양식장 관리에 크게 이바지할 것으로 판단되었으며, 적정수온기 실험 결과(배합사료의 수분첨가 불필요, 1일 3회) 역시, 양식 현장 적용 시 시설비, 사료비 절약 등의 원가 절감과 어류의 성장측면에서 보다 우수한 품질(높은 성장)생산을 가능하게 하여 소득증대에 이바지 할 것이다.

위에서 수행된 모든 실험 결과들은 양식 산업의 생산성 향상 및 소득증대를 도모하여, 양식현장에 이바지 할 것으로 판단되며, 확실한 배합사료 공급체계를 확립하기 위한 기초 자료가 되어, 이를 바탕으로 보다 세분화된 시기별 배합사료 크기에 대한 사육효과에 대한 연구와 보다 세분화된 시기별, 수온별 배합사료에 대한 적정 공급횟수와 넙치를 최대성장에 이르게 하는

적정 공급율에 대한 연구, 사료 공급율에 따른 어류의 성장도 및 건강도 조사, 고수온기에 있어서 사료 공급율에 따른 넙치의 생존율의 변화, 어류의 질병 등 보다 실용적인 연구가 선행되어 확실한 배합사료 공급체계가 이루어 져야 한다.

Fig. 39. Adult flounder (3kg size) fed Extruded pellet.

제 5 장 요 약

본 연구는 이전에 수행된 적이 없는 넙치 배합사료 크기에 따른 사육효과와 현장 사육실험을 통한 적정공급횟수, 양식 현장에서 일반화 되어 있는 배합사료의 수분첨가의 효과를 적정수온, 저수온, 고수온으로 나누어 넙치의 성장과 체조성에 미치는 영향을 규명하여 양식현장에서 적용 할 수 있는 배합사료의 효율적인 공급방법에 관하여 실험을 수행하였다.

배합사료 크기가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향에서 적정수온(14～18℃)에서의 치어기(15～45g) 실험에서 배합사료 크기가 증가될수록 사료효율이나 증체율, 성장도가 증가되는 경향을 보였으며, 적정수온(19～26℃)에서 수행한 육성어(102～241g) 실험에서는 두 실험구가 최대의 양으로 동일하게 공급할 수 있는 사료량을 알아보고, 그 양을 9mm, 6mm 실험구에 동일하게 공급하였다. 같은 사료량을 공급 하였을 때도 배합사료 크기에 따라 사료효율이나 증체율, 성장도가 증가되는 경향을 보였다. 고수온기(20～26.9℃) 육성어(132～315g), 저수온기(9～16℃) 미성어(421～546g) 현장실험에서도 동일한 결과를 얻었고, 체조성에 있어서는 배합사료 크기가 증가될수록 어체 내의 지질 함량이 증가 되는 결과를 보였다. 적정수온, 저수온에서 양식현장에서의 적정공급횟수와 수분첨가의 효과를 알아보기 위해 수행된 실험에서는 모든 수온에서 수분첨가는 효과가 없었으며, 적정수온(13～25℃)에서의 육성어(83～305g)의 공급횟수는 1일 3회가 효율적일 것으로 판단되었고, 저수온(8～16℃) 미성어(621～722g) 에서는 1일 1회가 모든 측면에서 효율적일 것으로 판단되었다. 실험결과를 종합해보면 넙치 배합사료의 보다 효율적인 공급방법을 위해서는 배합사료 공급 시 인위적인 수분첨가는 불필요하며, 사료공급은 적정수온(13～25℃)에서 육성어(83～305g)는 1일 3회 공급, 사료 섭취량이 부진한 저수온기(8～16℃) 미성어(620～722g)에서는 1일 1회 공급, 배합사료 크기는 본 실험에서 적정수온(14～18℃, 19～26℃), 고수온(20～24℃), 저수온(9～17℃)과 치어(15～45g), 육성어(102～241g, 132～315g), 미성어(421～546g) 에서 큰 직경의 사료를 공급하는 것이 넙치의 최

대성장이나 사료 효율적인 측면이나, 양식장 관리적인 측면을 고려하였을 때 효율적일 것으로 판단된다.

실험 Ⅰ : 적정수온에서 배합사료 크기가 성장 및 체조성에 미치는 영향

Ⅰ-1) 적정수온 치어기 사육실험

본 연구는 아직 확립 되어 있지 않는 적정수온에서의 사료 공급 시 배합사료 크기에 따른 넙치 치어의 성장과 체조성에 미치는 영향에 대해 알아보고자 수행하였다. 실험은 시판되는 상품사료(S사)의 사료 크기에 따라(직경 3mm, 5mm, 6mm, 7.5mm) 4개의 실험구로 구성하여 평균 15 ± 0.1g (mean ± SD) 내외의 실험어를 1.8ton 수조에 각 30미씩 실험구당 3반복으로 무작위 배치하여 2주간 예비사육 하였다. 예비사육 기간 동안 넙치 치어의 섭취 가능한 크기를 조사하여 실험구를 결정하였다. 사료공급은 1일 2회(오전 9시, 오후 5시)로 만복(최대성장을 위한 일반적인 공급방법으로 넙치가 사료를 섭취 활동을 계속할 때 까지 공급하는 방법)으로 공급하였고, 실험은 6주간 실시(2009년 10월 28에서 12월 7일)하였으며, 평균수온 16.3 ± 2.3℃ 였고, 사육기간 동안의 생존율은 모든 실험구간에 통계적인 차이는 없었다(P>0.05). 최종체중과 증체율은 평균 45.4g으로 직경 7.5mm사료 공급구가 가장 높았으며, 직경 6mm사료 공급구가 43.5g, 직경 5mm사료 공급구가 41.1g, 직경 3mm공급구가 35.3g으로 가장 낮은 값을 보였다(P<0.05). 사료효율에서도 직경 7.5mm사료 공급구가 가장 높았고, 직경 6mm사료 공급구, 직경 5mm사료 공급구간에는 유의적인 차이가 없었고, 직경 3mm사료 공급구가 가장 낮았다(P<0.05). 실험어의 전어체 일반성분 분석결과에서는 수분은 직경 3mm사료 공급구가 가장 높았고, 직경 7.5mm사료 공급구, 5mm사료 공급구 순이었으며, 직경 6mm사료 공급구가 가장 낮았다(P<0.05). 조단백질은 직경 6mm사료 공급구와 직경 5mm사료 공급구가 가장 높았고, 직경 3mm사료 공급구가 가장 낮은 값을 나타내었으며, 7.5,mm사료 공급구는 다른 실험구간에 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 조지질은 직경 7.5mm사

료 공급구가 가장 높았고, 직경 6mm사료 공급구, 직경 5mm사료 공급구 순이었으며, 직경 3mm사료 공급구가 가장 낮았다(P<0.05). 조회분은 모든 실험구간에 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 위의 실험 결과를 토대로 하였을 때, 적정수온(14～18℃)에서 최대성장을 위한 넙치 치어 15～45g 내외의 사료크기는 7.5mm가 적정할 것으로 판단되며, 섭취 가능한 크기에서 큰 직경의 사료를 선택하는 것이 여러 가지 측면을 고려하였을 때 에서 효율적일 것으로 판단되었다.

Ⅰ- 2) 적정수온 육성어기 사육실험

본 연구는 아직 확립 되어 있지 않은 적정수온에서의 넙치 육성어의 성정과 체조성에 미치는 영향에 대해서 알아보고자 수행하였다. 앞서 수행했던 실험에서 사료크기가 커질수록 사료섭취량이 증가되는 경향을 보여 성장차이가 났다고 판단되어, 본 실험에서는 두 종류의 크기가 다른 실험구가 최대한 섭취할 수 있는 사료량을 예비사육을 통하여 그 양을 구하여 같은 사료량을 공급하였을 때, 그 영향을 알아보고자 하였다. 실험의 구성은 시판되는 상품사료의 크기에 따라 실험구 A는 직경 9mm사료를 제한공급, 실험구 B는 직경 6mm사료를 제한공급, 실험구는 C는 직경 9mm사료를 만복공급, 실험구 D는 직경 6mm사료를 만복공급으로 하여 총 4개의 실험구로 하였다. 실험어는 평균 103 ± 3g (mean ± SD) 의 넙치 육성어를 콘크리트수조(6m X 6m)에 각 1600마리씩 수용하여 각 사료구당 3반복으로 무작위 배치하여 2주간 예비사육 하였다. 사료공급은 1일 2회(오전 8시, 오후 5시)로 하였고, 실험은 8주간 실시((2010년 6월 23일～2010년 8월 24일)하였으며, 평균수온은 22 ± 7℃ 였다. 사육기간 동안의 생존율은 모든 실험구간에 통계적인 차이가 없었다. 실험구별로 넙치의 선두그룹의 수를 선별하여 알아보았는데, 그 수는 9mm제한 공급구(4222), 9mm만복 공급구(4103), 6mm제한 공급구(3774), 6mm만복 공급구(3636)순으로 나타났고, 최종체중은 직경 6mm 사료 공급구(B, D)에 비해 9mm사료 공급구(A , C)가 높게 나타났으며(P<0.05), 상위 30%이내의 선두그룹의 평균 체중에서는 직경 9mm 만복 공급구가 가

장 높은 값을 보였고, 직경 9mm 사료 제한 공급구, 직경 6mm 사료 만복 공급구, 직경 6mm사료 제한 공급구 순으로 나타났는데, 직경 6mm사료 만복 공급구는 직경 9mm사료 제한 사료 공급구와 직경 6mm제한 공급구와 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 하위 10%이내의 후진 그룹의 평균체중은 직경 9mm 사료 공급구(A, C)가 직경 6mm사료 공급구에 비해 높게 나타났고, 직경 6mm사료 제한 공급구는 가장 낮은 값을 보였다(P<0.05). 증체율은 직경 9mm사료 공급구(A , C)에 비해 직경 6mm사료 제한 공급구가 낮게 나타났고, 직경 6mm 사료 만복 공급구는 세 실험구간에 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 사료효율은 직경 9mm사료 제한 공급구가 가장 높은 값을 보였다(P<0.05). 실험어의 일반성분에 있어서 수분의 함량은 직경 6mm사료 제한 공급구가 가장 높은 함량을 나타내었으며, 직경 9mm사료 제한 공급구는 가장 낮은 함량을 나타내었고, 만복 공급구(6mm, 9mm)는 다른 실험구와 통계적인 차이가 없었다(P<0.05). 조단백질은 직경 9mm사료 만복 공급구가 가장 높은 함량을 나타내었고, 직경 9mm 사료 제한 공급구가 가장 낮은 값을 보였고, 직경 6mm 사료 제한 공급구와 직경 9mm사료 만복 공급구는 다른 실험구와 통계적인 차이가 없었다(P<0.05). 조지질의 함량은 직경 9mm 사료 공급구가 직경 6mm 사료 공급구에 비해 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 조회분은 모든 실험구에서 통계적인 차이가 없었다(P>0.05). 실험 기간 중의 어체중 당 사료 공급율은 0.9～1.6%내외로 나타났다. 위의 실험 결과로 보아 적정수온(19～26℃)에서 넙치 육성어(102～241g)의 최대성장과 사료효율 등의 종합적인 측면에서 보았을 때, 같은 양을 공급 하였을 때도 사료크기가 큰 것이 효율적일 것으로 판단되며, 6mm, 9mm 중에서는 9mm가 적정할 것으로 평가되었고, 사료량은 만복공급에서 약 80～90% 내외의 사료량으로 공급하는 것이 사료효율 측면에서 효과적일 것으로 판단되었다.

실험 Ⅱ : 고수온에서 배합사료 크기가 육성어기 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향

본 연구는 아직 확립 되어 있지 않은 배합사료의 크기가 고수온에서의 넙치 육성어의 성장과 체조성에 미치는 영향을 알아보고자 수행하였다. 실험은 시판되는 상품사료(S사)의 입자 크기에 따라(직경 6mm, 7.5mm, 9mm, *11*mm) 4개의 실험구로 나누어 평균 130 ± 2g (mean ± SD) 의 실험어를 2주간 예비사육 후 수조에 각 20미씩 수용하여 실험구당 3반복으로 무작위로 배치하여, 사료공급은 일일 2회(오전 9시, 오후 5시)로 만복(최대성장을 위한 일반적인 공급방법으로 넙치가 사료를 섭취 활동을 계속할 때까지 공급하는 방법)으로 공급하였고, 실험은 6주간 실시(2009년 8월 28에서 10월 13일)하였으며, 사육수온은 22.4 ± 4.5℃ 였다. 최종체중은 평균 315g으로 직경 11mm사료 공급구가 가장 높았으며, 직경 9mm사료 공급구와 직경 7.5mm 공급구간에는 각각 유의적으로 차이가 없었으며, 직경 6mm사료 공급구는 가장 낮게 나타났으며, 이는 증체율, 사료공급량의 경향과 일치하였다 ($P<0.05$). 사료효율(DM)은 117~130%로 모든 실험구에서 우수하였고 실험구간에 유의적 차이가 없었다($P>0.05$). 기존에 사료 입자가 커질수록 넙치의 복수증 발생이 심해진다는 양어가 들의 견해와는 다르게 본 실험결과에서 생존율은 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 간(Liver)내 수분은 직경 6mm 실험구가 가장 높은 값을 보였고, 다른 실험구간에는 유의적인 차이가 없었다($P<0.05$). 조단백질은 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았고 ($P>0.05$), 조지질은 직경 15mm실험구와 직경 11mm 실험구가 가장 높았으며, 직경 6mm 실험구는 유의적으로 가장 낮았다($P<0.05$). 사료크기가 커질수록 간 내 조지질의 함량이 높은 경향을 보였다. 위의 실험결과를 토대로 하였을 때, 고수온 (20~26.9℃)에서의 육성어(132~315g)넙치의 최대성장을 위해서는 사료크기를 섭취 가능한 크기에서 큰 직경(11mm)을 선택하는 것이 여러 가지 측면에서도 효율적일 것으로 판단되었다.

실험 Ⅲ : 저수온에서 배합사료 크기가 미성어기 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향

본 연구는 저수온에서 사료공급 시 배합사료 크기가 넙치 육성어의 성장과 체조성에 미치는 영향을 알아보고자 수행하였다. 실험은 예비사육을 통하여 섭취가능한 크기를 조사하여, 시판되는 상품사료(S사)의 사료 크기에 따라 직경 8mm, 직경 11mm, 사료에 수분을 첨가한 직경 11mm, 직경 15mm, 4개의 실험구로 나누어 평균 423 ± 2g (mean ± SD) 내외의 실험어를 4주간 예비사육 후 콘크리트수조(6m×6m)에 각 1000미씩 수용하여 실험구당 2반복으로 무작위로 배치하여, 사료공급은 일일 2회(오전 8시, 오후 4시)로 만복(최대성장을 위한 일반적인 공급방법으로 넙치가 사료를 섭취 활동을 계속할 때까지 공급하는 방법)으로 공급하였고, 실험은 3개월간(2009년 11월 10일～2010년 1월 8일) 실시하였고, 평균수온은 13 ± 4℃ 였다. 사육기간 동안의 생존율은 모든 실험구간에 통계적인 차이는 없었다($P>0.05$). 최종체중은 평균 546g으로 직경 15mm사료 공급구가 가장 높았으나 직경 11mm사료 공급구와는 유의적인 차이가 없었고($P<0.05$), 수분을 첨가한 직경 11mm사료 공급구와 수분을 첨가하지 않은 직경 11mm사료 공급구간에는 유의적인 차이가 없었으며, 직경 8mm사료 공급구는 가장 낮게 나타났다($P<0.05$), 사료효율, 증체율 역시 직경 15mm사료 공급구, 수분을 첨가하지 않은 직경 11mm사료 공급구 순으로 나타났으며, 직경 8mm사료 공급구가 가장 낮은 값을 보였으며, 수분을 첨가한 직경 11mm사료 공급구는 수분을 첨가하지 않은 직경 11mm사료 공급구와 직경 8mm사료 공급구와는 유의적인 차이가 없었다($P<0.05$). 간(Liver)의 일반성분은 모든 항목과 모든 실험구에서 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 위의 실험 결과를 토대로 하였을 때, 저수온(9～16℃)에서 넙치 미성어(421～546g)의 적정 사료크기는 15mm로 판단되었고, 배합사료의 수분첨가는 불필요한 것으로 판단되었다.

실험 Ⅳ : 적정수온에서의 배합사료의 공급횟수와 수분첨가가 넙치 육성어의 성장 및 체조성에 미치는 영향

본 연구는 적정수온에서 배합사료의 인위적인 수분첨가의 효과와 적정공급횟수를 현장실험을 통해 알아보고자 수행하였다. 최초 평균무게 84 ± 4 g 인 넙치 육성어를 콘크리트수조(6m Ⅹ 6m)에 각각 1600마리씩 수용하였으며, 실험사료는 시판 상품사료(S사)를 사용하여, 실험구 A는 사료에 수분을 첨가하지 않고, 1일 3회 공급. 실험구 B는 사료에 수분을 첨가하여 1일 공급2회, 실험구 C는 사료에 수분을 첨가하지 않고, 1일 공급2회, 실험구 D는 사료에 수분을 첨가하지 않고, 1일 (오전)공급 1회, 실험구 E는 사료에 수분을 첨가하지 않고, 1일 (오후)공급 1회로 구성하여 총 5개의 실험구로 구성하여 2반복으로 실시하였다. 실험기간 동안 평균 수온은 22 ± 7℃ 범위였고, 사육실험기간은 3개월간(2009년 6월 28일~2009년 10월 2일) 실시하였다. 본 실험 결과, 최종체중은 실험구A(305g)가 실험구 B(275g), 실험구 C(278g)에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었으며, 실험구 D(261g), 실험구 E(253g)는 유의적으로 가장 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 증체율은 실험구 A(263%)가 실험구 B(231%), 실험구 C(219%), 실험구 D(210%) 및 실험구 E(198%)와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며, 실험구 B(231%), 실험구 C(219%), 실험구 D(210%)간에는 유의적인 차이가 없었으나, 실험구 E가 다른 실험구들과 비교하여 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었다($P<0.05$). 사료효율은 실험구 E가 가장 높은 값을 보였으며, 실험구 B가 유의적으로 가장 낮은 값을 보였고, 다른 실험구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.($P<0.05$) 생존율은 80%~87%로 모든 실험구 간에 차이가 없었다($P>0.05$). 배합사료에 수분을 첨가한 실험구 C는 수분을 첨가하지 않은 실험구 B와 비교하였을 때, 최종체중, 증체율, 사료공급량 및 생존율에 있어서 유의적인 차이를 보이지 않았고, 사료효율은 배합사료에 수분을 첨가하지 않은 실험구 B가 유의적으로 낮은 값을 보였으나, 수분을 첨가한 실험구 C는 다른 수분을 첨가하지 않은 실험구와 비교하였을 때는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났고, 간(Liver)의 일반성

분 분석 결과도 모든 항목과 모든 실험구에서 유의적인 차이가 없었다 (P>0.05). 본 실험에서 배합사료의 수분첨가는 불필요한 것으로 판단되었고, 적정수온(13～25℃)의 넙치 육성어(83～305g)의 적정 공급횟수는 1일 3회로 판단되었다.

실험 Ⅴ : 저수온에서 배합사료의 공급횟수와 수분첨가가 넙치 미성어의 성장 및 체조성에 미치는 영향

본 연구는 사료 섭취가 부진한 저수온에서 배합사료의 인위적인 수분첨가의 효과와 적정공급횟수를 현장실험을 통해 알아보고자 수행하였다. 실험어는 평균무게 621 ± 15g (mean ± SD) 넙치 미성어를 콘크리트수조에 각각 900마리씩 수용하여 각 사료구당 2반복으로 무작위 배치하였다. 실험구 A는 배합사료에 12%의 수분을 첨가하여 1일 2회 공급, 실험구 B는 배합사료에 수분을 첨가하지 않고, 일일 2회 공급, 실험구 C는 배합사료에 수분을 첨가하여 1일 1회 공급, 실험구 D는 수분을 첨가하지 않고, 1일 1회 공급으로 구성하였다. 일일 사료공급량은 전 실험기간 동안 어체중의 0.14～0.19%(건물기준)로 1일 2회 공급하였으며, 사육실험기간은 2009년 1월 18일부터 4월 15일까지 3개월간 실시하였고, 평균수온은 12 ± 3℃ 였다. 실험사료는 상품배합사료를 사용하여 4가지 실험구로 설계하였다. 증체율(wt. gain, %), 사료효율(DM, %), 생존율에 있어서 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다.(P>0.05). 체조성에 있어서 등근육(dorsal muscle) 중 수분도 모든 사료구간에서 유의적인 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 조단백질은 A(수분첨가, 공급2회)실험구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 다른 실험구 간에 유의적인 차이는 없었고(P<0.05), 조지질은 C(수분첨가, 공급1회)실험구가 다른 실험구에 비해 높게 나타났고, 다른 실험구 간에는 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 간(liver)에 있어서 수분, 조단백질은 C(수분첨가, 공급1회)실험구가 다른 실험구에 비해 높게 나타났으며, 다른 실험구 간에 유의적인 차이는 없었다(P<0.05). 조지질은 D실험구(공급1회)가 가장 높게 나타났고, B실험구(공급2회), A실험구(수분첨가, 공급 2회)순이었다. B

실험구는 D실험구와 A실험구간에 유의적인 차이가 없었고, C실험구(공급2회)가 가장 낮은 값을 보였다(P<0.05). 내장에 있어서 조단백질은 A실험구(공급1회)가 가장 낮은 값을 보였고, 다른 실험구간에 유의적인 차이는 없었다(P<0.05). 조지질은 B실험구(공급2회)가 가장 높은 값을 보였으며, 다른 실험구간에 유의적인 차이는 없었다(P<0.05). 간중량지수(HSI), 복강내 지질(IPF)는 모든 실험구간에 유의적인 차이가 없었으나(P>0.05), 근육비(MR)에 있어서는 C실험구(수분첨가, 공급1회)가 가장 높은 값을 보였고, 다음으로 D실험구(공급1회), B실험구(공급2회), A실험구(수분첨가, 공급 2회)순이었으나 D실험구는 C실험구와 B실험구와 유의적인 차이가 없었다(P<0.05). 위의 실험결과를 토대로 하였을 때 모든 실험구간에 유의적인 차이는 없었으나, 양식경영에서의 효율적 측면을 고려하였을 때, 저수온기(8～16℃) 넙치 미성어(620～722g)에서 배합사료의 수분첨가는 불필요한 것으로 판단되었으며, 사료공급은 1일 1회로 하는 것이 가장 효율적일 것으로 판단되었다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

감 사 의 글

먼저 세상을 창조하시고, 보잘 것 없는 저를 지금의 이 순간 까지 이끌어 주시고, 저에게 빛이 되신 하나님께 감사드립니다. 부족한 저에게 과학적이고 논리적인 사고로써 학문의 길이 무엇인지를 깨우쳐 주신 배승철 교수님의 은혜에 깊이 감사드리며, 아울러 바쁘신 와중에도 먼 길 마다하지 않고, 기꺼이 세심한 조언으로 논문을 다듬어 주신 인제대 최현주 교수님, 석사논문에 이어 정성껏 심사해주시고, 부족한 제자를 사랑과 진심어린 조언으로 논문을 다듬어 주신 조재윤 교수님, 저에겐 심사위원 그 이상이신 김동수 교수님, 대학원 생활 때부터, 부족한 저를 넓은 아량으로 챙겨주셨고, 세심하게 논문을 다듬어 주신 김창훈 교수님께 진심으로 감사드립니다.

저를 낳아주시고, 길러주신 것도 모자라 지금까지 공부시켜 주시고, 저에게 양식이란 걸 가르쳐 주시고, 뒷바라지 해주신 부모님께 세상 그 누구보다 감사드립니다. 나의 큰 바위 얼굴인 형에게도 고마움을 전하며, 사랑스런 예성이, 준성이, 미래의 내 자식들과도 기쁨을 나누고 싶고, 형수님, 친지들과도 기쁨을 나누고 싶습니다. 내 현장실험을 번거로움에도 흔쾌히 도와준 청양수산 직원들, 오늘도 현장에서 수고하시는 경북어류양식수협 양식장 관계자 여러분들께도 감사의 마음을 전합니다.

저를 이만큼 성장시켜 주시고, 대견하게 저를 지켜보실 강용진 센터장님, 유일하게 내 실험의 필요성을 후하게 평가 주셨고, 믿어주신 이해영 박사님, 석사논문 때 감사한 마음을 전하지 못한 연구자로서 본받을만한 김경민 박사님, 부족한 형을 잘 따라준 송건호, 대학원생활 동안 보살펴 주셨던 김영철 선배님, 박준영 선배님, 부경대 사료영양연구소 이준호 실장을 비롯하여, 윤용현, 황남용, 박건현, 유의, 이진혁, 윤현호 등 선후배님들에게 감사의 마음을 전하며, 필요할 때마다 도와준 동규, 2년 전 내가 몸담고 있었던 양식사료센터의 손맹현 센터장님 이하 권영채 주임님, 김강웅 박사님, 김경덕 박사님 정재훈 실무관 외 여러 직원들과 기쁨을 나누고 싶고, 끝으로 저의 실험이 양식현장에서 자그마한 도움이 되길 바라는 마음에서 글을 마칩니다.

참 고 문 헌

제 1 장 서 론

Alam, M. S., S. I. Teshima, S. Kosiho, M. Ishikawa. 2002. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters, Aquaculture, 205, 127～140. Association of Official Analytical Chemists(1984). Official Methods of Analysis, 16th edition, AOAC International, Arlington, Virginia.

Bai, S. C. 2001b. Control of dietary phosphorus in flounder culture. Global Aquaculture Advocate, 4: 51-52.

Bai S. C. 2002. "Dietary protein level and protein/energy ratios for optimum growth of olive flounder " Global Aquaculture Advocate, 5:34-35.

Bai, S. C., Y. T. Cha and X. J. Wang. 2001a. A preliminary study on the dietary protein requirement of Japanese flounder larvae, *Paralichthys olivaceus*, North American J. Aquacult., 36, 92-98.

Choi, S. M., S. H. Go, G. J. Park, S. R. Lim, G. Y. Yu, J. H. Lee and S. C. Bai. 2004. Utilization of the Song-Gang stone as the dietary additive in Juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 17, 39-45.

Cho, S. H., S. M. Lee and J. H. Lee. 2005. Effects of the extruded pellets and raw fish-based moist pellet on growth and body composition of flounder, *Parlichthys olivaceus* for 10 months. J. Aquacult., 18, 60-65.

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 degree pukyong national university in korea.

Jang, M. S., Y. J. Kang, K. W. Kim, K. D. Kim, H. Y. Moon. Lee and S. B. Heo, 2009. Quality Characteristics of Cultured Olive Flounder

Paralichthys olivaceus Fed with Extruded Pellets; I. Comparison of Fatty Acid and Amino acid Contents. J. Food Sci. Technol, 41, 42-49 (in Korean).

Kikuchi, K. T., Furuta · H. Honda, 1997. Use of Meat and Bone Meal as a protein source in the diet of juvenile japanese flounder, J. Fish. Sci., 63, 29～32.

Kim, G. U., H. S. Jang, J. Y. Seo and S. M. Lee, 2005a. Effect of Feeding Frequency of Extruded Pellet on Growth and Body Composition of Juvenile Flounder, *Paralichthys olivaceus* During the Winter Season. J. Aquacult., 18, 31-36.

Kim, K. D., M. M. Nam, K. W. Kim, H. Y. Lee, S. B. Hur, Y. J. Kang and M. H. Son, 2009. Effect of Feeding Rate and Feeding Frequency on Growth and Body Composition of Sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus* in Suboptimal Water Temperature. J. Kor Fish Aquacult Sci., 42, 262-267.

Kim, K. D., S. M. Lee, 2004. Requirement of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids for juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*, J. Aquacult., 229, 315～323.

Kim, K. D., S. M. Lee, H. G. Park, S. C. Bai and Y. H. Lee. 2002a. Essentiality to dietary n-3 highly unsaturated fatty acids in juvenile japanese flounder (Paralichthys olivaceus). J. World Aquacult. Soc., 33, 432-440.

Kim, K. D., Y. J. Kang, H. Y. Lee, K. W. Kim, K. M. Kim and S. M. Lee. 2006b. Evaluation of extruded pellets as a growing diet for adult flounder *Paralichthys olivaceus*, J. Aquacult., 19, 173～177, (in Korean).

Kim, K. D., Y. J. Kang, J. Y. Lee, M. M. Nam, K. W. Kim, M. S. Jang and S. M. Lee. 2008. Evaluation of extruded pellets and raw fish-based moist pellet for growth of sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus*, J.

Aquacult, 21, 10 2～106 (in Korean).

Kim, K. M., K. D. Kim, S. M. Choi, K. W. Kim and Y. J. Kang. 2005b. Optimum Feeding Frequency of Extruded Pellet for the Growth of Juvenile Flounder, *Paralichthys olivaceus* during the Summer Season. J. Kor. Fish. Soc., 18(4), 231-235.(in Korean)

Kim, K. W., S. C. Bai, J. W. Koo, X. J. Wang and S. K Kim. 2002b. Effects of Dietary Chlorella ellipsoidea supplantation on growth, blood characteristic and whole-body composition in juvenile Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, J. World Aquacult. Soc., 33, 425-431.

Kim, K. W., Y. J. Kang, H. Y. Lee, K. D. Kim, S. M. Choi, S. C. Bai and H. S. Park, 2006a. Commercial scale evaluation of practical extruded pellet feed for the olive flounder (Paralichthys olivaceus), J. Kor. Fish. Soc. 39, 100～105 (in Korean).

Kim, K. W., Y. J. Kang, K. D. Kim, S. M. Choi, J. Y. Lee, H. Y. Moon Lee and S. C. Bai. 2007. Long-term evaluation of muscle quality of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed with extrude pellet, J. Aquacult, 20(1), 51-55 (in Korean).

Kim, K. W., X. J. Wang, S. M. Choi, G. J. Park and S. C. Bai. 2004. Evaluation of optimum dietary protein-to-energy ratio in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus,* J. Aquacult, Res. 35, 250～255.

Kim, K. W., X. J. Wang and S. C. Bai, 2002c. Reevaluation of the dietary protein requirement of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, Aquacult, Res. 33, 673～679.

Kim, Y. C. Kim, G. Y. Yoo, X. J. Wang, S. H. Lee, I. S. Shin, S. C. Bai. 2008. Long Term Feeding Effects of Dietary Dehulled Soybean Meal as a Fish Meal Replacer in Growing Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*, Asian-Australasian J. Ani. Sci., 21(6), 868-872

Lee, S. M., K. D. Kim and S. P Lall, 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J.

Aquacult., 221, 427-438.

Lim, S. R., K. W. Kim, S. M. Choi, X. J. Wang. S. C. Bai and I. S. Shin, 2004. Effects of dietary dehulled soybean meal as a fish meal replacer in fingerling and growing olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel), J. Aquacult., 231, 457-468.

Seo, J. Y., J. H. Lee, G. U. Kim and. S. M. Lee, 2005. Effect of extruded and moist pellets at different feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 18, 26-30.

Wang, X. J., K. W. Kim and Sungchul C. Bai, 2002. Effects of different dietary levels of L-ascorbyl-2-polyphosphate on growth and tissue vitamin C concentrations in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus, J.* Aquacult. Res., *33: 261-267.*

Yoo, G. Y., S. H. Lee, Y. C. Kim, O. E. Okorie, G. J. Park, Y. O. Han, S. M. Choi, J. C. Kang, M. H. Sun and S. C. Bai. 2007. Effects of Dietary β-1, 3 glucan and Feed Stimulants in Juvenile Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*. J. World Aquacult. Soc., 38(1), 138-145

어종별 배합사료 생산실적(어업생산통계)

연도별 국내 양식어류 생산량 및 생산금액(어업생산통계)

제 2장 적정수온, 고수온 및 저수온별 배합사료 크기가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official methods of analysis, 16th edition. AOAC International, Arlington, Virginia.

Bai, S. C. 1996. Utilization of low Quality protein sources in fish feed production, Proceedings of the international symposium on aquaculture, pp121-127, Ocean University of Oingdao, China, November.

Cho, C. Y., J. D. Hyenes, K. R. Wood and H. K. Yoshida, 1991. Quantitation of fish culture wastes by biological (nutritional) and chemical (limnological) methods, the development of high nutrient dense (HND) diets. (in) Cowey, C.B and C.Y. Cho, (ed.), Nutritional Strategies and Aquaculture Waste, University of Guelph, Ontario, Canada, pp. 37-50.

Cho, C. Y., J. D. Hyenes, K. R. Wood and H.K. Yoshida. 1994. Development of high nutrient dense, low pollution diet and prediction of aquaculture waste using biological approaches. J. Aquacult., 124, 293-305.

Choi, S. M., S. H. Ko, G. J. Park, S. R. Lim, G. Y. Yu, J. H. Lee and S. C. Bai. 2004. Utilization of Song-Gang Stone as the Dietary Additive in Juvenile olive Flounder, *Paralichthys olivacus*. J. Aquacult., 17(1) 39-45

Kim, K. H., Y. J. Hwang, S. C. Bai. 1999. In vitro Effect of Aloe on the Respiratory Burst Activity of Olive Flounder(*Paralichthys olivaceus*) Leucocytes", J. Fish Pathol., Vol. 12(1), pp. 1-6.

Kim, K. W., X. J. Wang and Bai. 2002. Optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivceus*

(Temminck et Schlegel). J. Aquacult. Res., 2002, 33, 673-679.

Kim, K. W., S. B. Heo, K. D. Kim, M. H. Son, Min. Woo Park and S. C. Bai. 2009a. A commercial farm feeding trial to evaluate the laboratory formulated extruded pellet for olive flounder in the East Sea. J. Fish. Sci. Edu, 21(4) 556-561

Kim, K. W, S. B. Heo, K. D. Kim, M. H. Son, S. K. Kim, M. W. Park and S. C. Bai. 2009b. Evaluation of the improving extruded pellet for juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Fish. Mar. Sci. Edu., 21(4), 562-567

Kim, Y. C., K. W. Kim, S. H. Lee, G. J. Park, O. E. Okorie, Y. J. Kang and S. C. Bai. 2006. Effects of Dietary β-1,3 Glucan on Growth and Immune Responses in Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*, J. Kor, Fish Soc., 19(4) : 247-253

Lee, S. H., G. J. Park and S. C. Bai. 2008a. Effects of Dietary Wood Vinegar Supplementation on Growth and Immune Responses of Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Kor, Fish Soc., 41(4) 248-252

Lee, S. H., G. Y. Yoo, G. J. Park, Y. C. Kim, J. H. Lee and S. C. Bai. 2008b. Effects of Three Dietary Growth Hormones on Growth Performance and Lysozyme Activity in Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*, J. Fish. Sci. Technol., 11(4), 183-189

Lee, S. M., S. H. Cho and D. J. Kim, 2000a Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel). J. Aquacult. 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 gastic evacuation of juvenile Korean rockfish (Sebastes Schlegeli). J. Aquacult., 187, 399-409.

Seo, J. Y., J. H. Lee, G. U. Kim and. S. M. Lee. 2005a. Effect of extruded and moist pellets at different feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 18, 26-30.

Seo, J. Y., H. S. Jang, K. D. Kim, G. U. Kim and S. M. Lee. 2005b. Effect of dietary composition, feeding satiation rate and feeding frequency of extruded pellets on body composition of flounder *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., Vol. 18(2) : 98-106.

Yoo, G. Y., S. M. Choi, K. W. Kim and S. C. Bai. 2006. Apparent Protein and Phosphorus Digestibilities of Nine Different Dietary Protein Sources and Their Effects on Growth of Juvenile Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 19(4) 254-260

Wang, X. J., K. W. Kim, S. C. Bai. 2002. Effects of different dietary levels of L-ascorbyl-2-polyphosphate on growth and tissue vitamin C concentrations in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) J. Aquacult. Res., 33: 261-267.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

제 3 장 적정수온 및 고수온, 저수온에서 배합사료의 공급횟수와 수분첨가가 넙치의 성장 및 체조성에 미치는 영향

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984, Official methods of analysis, 16th edition. AOAC International, Arlington, Virginia.

Bai, S. C., 1996. Utilization of low Quality protein sources in fish feed production, Proceedings of the international symposium on aquaculture, pp121-127, Ocean University of Oingdao, China, November.

Brett, J. R. and D. A. Higgs, 1970. Effects of temperature on rate of gastric digestion in fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerk*a. J. Fish. Res. Board Can., 27, 1767-1779.

Cho, C. Y., J. D. Hyenes, K. R. Wood and H. K. Yoshida, 1991. Quantitation of fish culture wastes by biological (nutritional) and chemical (limnological) methods, the development of high nutrient dense(HND) diets. (in) Cowey, C.B and C.Y. Cho, (ed.), Nutritional Strategies and Aquaculture Waste, University of Guelph, Ontario, Canada, pp. 37-50.

Cho, C. Y., J. D. Hyenes, K. R. Wood and H. K. Yoshida, 1994. Development of high nutrient dense, low pollution diet and prediction of aquaculture waste using biological approaches. J. Aquacult., 124, 293-305.

Cho, S. H., S. M. Lee and J. H. Lee. 2005. Effects of the extruded pellets and raw fish-based moist pellet on growth and body composition of flounder, *Parlichthys olivaceus* for 10 months. J. Aquacult., 18, 60-65.

Davis, K. B. and N. C. Parker, 1990. Physiological stress in striped bass: effect of acclimation temperature. J. Aquacult., 91, 349-358.

Grove, D. J. and C. Crawford, 1980. Correlation between digestion rate and

feeding frequency in the stomachless teleosts, *Blennius pholis* L. J. Fish Biol., 16, 235-247.

Grove, D. J., M. A. Moctezumea, H. R. J. Flett, J. S. Foott, T. Watson and M. W. Flowerdew, 1985. Gastric emptying and the return of appetite in juvenile turbot, *Scopthalmus maximus* L., fed on artificial diets. J. Fish Biol., 18, 245-259.

Holmgren, S., D. J. Grove and D. J. Fletcher, 1983. Digestion and control of gastrointestinal motility. In: Ranking, J. C., T. J. Pitcher and R. T. Dugan, (Eds.), Control Processes in Fish Physiology. Wiley, New York, NY, USA, pp. 23-40.

Ishoka, H. 1980. Stress reactions in the marine fish-I. stress reactions induced by temperature change. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 46, 523-532.

Kim, G. U., H. S. Jang, J. Y. Seo and S. M. Lee. 2005b. Effect of feeding frequency of extruded pellet on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the winter season. J. Aquaculture, 18, 31-36.

Kim, K. D., M. M Nam, K. W. Kim, H. Y. M. Lee, S. B. Hur, Y. J. Kang and M. H. Son. 2009. Effect of feeding rate and feeding frequency on growth and body composition of sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus* in sub-optimum water temperature. Kor J. fish aquat sci 42(3), 262-267

Kim, K. D., K. M. Kim and Y. J. Kang. 2007. Influences of feeding frequency of extruded pellet and moist pellet on growth and body composition of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in sub-optimum water temperatures. Fish Sci., 73, 745-749.

Kim, K. W., Y. J. Kang, K. M. Kim, H. Y. Lee, K. D. Kim and S. C. Bai. 2005a. Long-term evaluation of extruded pellet diets compared to raw fish moist pellet diet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus.* J.

Aquacult., 18, 225-230.

Lee, S. M., J. Y. Seo, Y. W. Lee, K. D. Kim, J. H. Lee and H. S. Jang. 2005. Evaluation of experimental extruded pellet, commercial pellet and raw fish-based moist pellet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 18, 287-292.

Lee, S. M., S. H. Cho and D. J. Kim. 2000a Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* (Temminck and Schlegel). J. Aquacult. 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 gastic evacuation of juvenile Korean rockfish (Sebastes Schlegeli). J. Aquacult., 187, 399-409.

Seo, J. Y., J. H. Lee, G. U. Kim and. S. M. Lee. 2005a. Effect of extruded and moist pellets at different feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., 18, 26-30.

Seo, J. Y., H. S. Jang, K. D. Kim, G. U. Kim and S. M. Lee. 2005b. Effect of dietary composition, feeding satiation rate and feeding frequency of extruded pellets on body composition of flounder *Paralichthys olivaceus*. J. Aquacult., Vol. 18(2) : 98-106.