

적수온(21℃)에서 사육한 성장기 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 배합사료 적정 공급률

김성삼 · 김강웅 · 김경덕 · 이봉주 · 한현섭 · 김재원* · 배승철** · 이경준†
(국립수산과학원 사료연구센터 · *강원도립대학교 · **부경대학교 · † 제주대학교)

Optimum Feeding Rate in Growing Olive Flounder *Paralichthys olivaceus* Fed Practical Extruded Pellet at Optimum Water Temperature (21℃)

Sung-Sam KIM · Kang-Woong KIM · Kyoung-Duck KIM · Bong-Joo LEE · Hyon-Sob HAN ·

Jae-Won KIM* · Sungchul C. BAI** · Kyeong-Jun LEE†

(National Fisheries Research & Development Institute · *Gangwon Provincial College · **Pukyong National
University · †Jeju National University)

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of feeding rate on growth performance, blood components and histology of growing olive flounder. The experiment was carried out to determine the optimum feeding rate of the fish (initial fish mean weight of 97±3.0 g) at the optimum water temperature. Two replicated groups of fish were fed commercial diet at the feeding rates of 0, 1.0, 1.65 and 2.3% body weight (BW)/day and satiation. Feeding trial was conducted under a flow-through system with ten 1.2 metric ton aquaria receiving filtered seawater at 21±2℃ for three weeks. Weight gain and specific growth rate (SGR) for fish fed to satiation were significantly higher than those for the unfed fish and for fish fed at 1.0 and 1.65% BW/day. There were no significant differences in values of such parameters between fish fed at 1.65% and those fed at 2.3% BW/day and between fish fed at 2.3% and those fed to satiation. Weight gain and SGR for the unfed fish were significantly lower than those for fish in the other treatments. All the tissues (hepatopancreas, kidney and anterior intestine) were in good condition in fish fed the experimental diet at different feeding rates. This result indicates that the optimum feeding rates of olive flounder (97-160 g) was approximately 2.52% BW/day at the optimum water temperature.

Key words : Olive flounder, Feeding rate, Optimum water temperature, Commercial diet

I. 서론

세계 양식산업 선진국은 환경친화적 고효율 배합사료를 사용하여 지속가능한 양식업을 육성하고 경쟁력을 강화하고 있다. 우리나라도 안전한

양식수산물 공급, 수산자원 남획 및 어장환경 오염 방지 등 지속가능한 양식업 육성을 위하여 배합사료 사용 확대가 필요한 시점이다. 우리나라 주요 해산어 양식어종 중 하나인 넙치는 2013년 기준 전체 해산어 총 생산량 73,108톤 중 36,944

† Corresponding author : 064-754-3423, kjlee@jejunu.ac.kr

* 본 연구는 국립수산과학원(친환경 실용배합사료 개발 및 품질관리 연구, RP-2014-AQ-058)의 지원에 의해 연구되었음.

톤이 생산되어 가장 많이 양식되고 있는 어종이다. 넙치양식에 사용되고 있는 사료량을 보면 전체 225,332톤 중 생사료(Moist pellet, MP)가 204,775톤, 배합사료(Extruded pellet, EP) 및 분말사료가 20,556톤이 사용되어, 생사료 사용비율이 90% 이상을 차지하고 있는 실정이다(Statistics Korea, 2014). 생사료의 수요증가는 수급불안, 환경오염 및 질병감염 등 여러 문제점이 대두됨에 따라 정부에서도 배합사료 확대정책에 많은 노력을 기울이고 있다. 양식어업인들도 정부의 배합사료 확대정책에 공감하고 있으나 여전히 배합사료 사용비율은 10% 내외로 정체되어 있는 실정이다. 양식어가의 경우 오랜 생사료 사용경험과 상대적으로 비싼 배합사료 가격, 품질에 대한 불신, 배합사료 공급프로그램 부재 등으로 배합사료 사용을 기피하고 있다. 따라서 배합사료 전환을 위해서는 고효율 배합사료 개발과 더불어 사육관리 및 급이체계 개발, 백신 등 질병대체 기술개발, 유전육종 기술개발 등 다양한 분야의 연구가 함께 추진되어야 한다(Min et al., 2009; Kim et al., 2010; Kim et al., 2011).

외국의 경우 배합사료를 기반으로 주요 양식어종을 생산하고 있으며, 채널메기(*Ictalurus punctatus*), 잉어(*Cyprinus carpio*), 틸라피아(*Oreochromis niloticus*) 및 송어(*Oncorhynchus mykiss*)를 대상으로 배합사료 급이량 및 급이횟수에 대한 배합사료 공급프로그램이 개발되었다(Schmittou et al., 1998; NRC, 2011). 자연생태계에서 넙치의 서식수온은 10~27°C 범위이다. 양식환경에서 적정 사육수온은 8~25°C이지만 4~28°C에서도 사육이 가능하며, 최적 사육수온은 21~24°C로서 수온 10°C 이하와 27°C 이상에서는 거의 먹이를 섭취하지 않는다(NFRDI, 2006). 아직까지 넙치를 대상으로 배합사료의 사육수온 및 성장단계별로 세부적인 공급프로그램 연구는 체계적으로 수행되지 않았다. 실제 넙치 양식현장에서는 공급프로그램의 부재로 대부분 반복급이를 실시하고 있는 실정이다. 이에 따라 국립수산물과학원 사료연구센터에서 양

식어업인들을 위해 크기별, 사육수온별로 적정공급률 조사를 통해 배합사료 공급프로그램을 개발하여 인터넷과 스마트폰으로 이용하도록 제공하고 있으며, 계속해서 업데이트를 해오고 있다.

본 연구는 배합사료 공급프로그램 개발을 위한 기초연구로 97 g 넙치의 적정수온 범위인 21°C 수온에서 배합사료의 적정공급률 조사와 더불어 성장, 사료효율, 혈액성분 및 조직성상에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다.

II. 연구내용 및 방법

1. 실험사료

본 실험에 사용된 실험사료는 상업용 시판 넙치용 배합사료 (수협사료, 9호)를 이용하였으며, 일반성분 분석은 <Table 1>에 나타내었다. 97 g 육성기 넙치의 적정 사료급이량 확인을 위해 어체 무게당(g) 0%, 1.0%, 1.65%, 2.3% 및 반복공급(Satiation)으로 설정하여 총 5개 실험구로 나누어 급이하였다. 실험 시작 전 공급률 설정을 위해 실험어류를 대상으로 반복급이를 하여 급이량을 계산한 후 공급률을 설정하였다.

<Table 1> Proximate composition of the experimental diet for olive flounder (% of DM basis)

Proximate composition	Content
Dry matter (%)	8.5
Crude protein (% DM)	58.6
Crude lipid (% DM)	14.5
Crude ash (% DM)	12.7
Gross energy (MJ/kg)	17.5
Size (mm)	9.0~9.4

2. 실험어 및 사육관리

사양실험에 사용된 실험어류는 제주도내 창해수산에서 제주대학교 소속 해양환경연구소로 운송되어 2주 동안 시판 배합사료를 급이하면서 실험환경에 적응할 수 있도록 순치시킨 후 사료공급실험에 사용되었다. 예비사육 후 실험어류(초

기 평균무게: 97 ± 3.03 g)는 총 10개의 1200 L 원형수조에 각 수조 당 20 마리씩 무작위로 선택하여 배치되었다. 사료공급실험은 실험구당 2 반복구를 두었으며, 사육수는 여과해수를 사용하여 2~3 L/min 의 유수량이 공급되도록 조절되었고, 모든 실험수조에 용존산소 유지와 원활한 사육수 순환을 위하여 에어스톤을 설치하였다. 광주기는 자동타이머가 설치된 형광등을 이용하여 12L:12D 조건으로 유지되었고, 전 실험기간 동안 평균 수온은 21 ± 2 °C 범위로 자연수온에 의존되었으며, 염분은 33 ± 1 ppt 범위였다. 실험사료는 1일 3회 (오전 08:00, 오후 13:00, 18:00)에 나눠서 3주 동안 어체중의 수준별로 급이 하였다.

3. 어체측정 및 샘플수집

사료공급 실험 후, 어류의 최종 평균무게를 측정하여 증체율(Weight gain), 사료효율(Feed efficiency), 일간성장률(Specific growth rate), 단백질이용효율(Protein efficiency ratio) 및 생존율(Survival)을 계산하였다. 최종 무게측정 후, 혈액 분석을 위해 각 수조마다 4마리씩 무작위로 선별하여 마취용액(MS-222, 100 mg/L)으로 마취시켜 헤파린 처리가 된 주사기를 사용하여 미부동맥에서 채혈한 후, hematocrit 및 hemoglobin 함량을 측정하였다. 분석 후, 남은 혈액은 ALT (alanine aminotransferase), AST (aspartate aminotransferase), total protein 및 glucose 분석을 위해 원심분리기(Micro 17TR, Hanil Science, Korea)를 이용하여 5,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 혈장을 분리하였다.

4. 일반성분 분석

실험사료의 일반성분 분석은 AOAC (2000) 방법에 따라 수분은 상압가열건조법(125°C, 3 hr), 조회분은 직접회화법(550°C, 12 hr)으로 측정하였고, 단백질은 자동 조단백분석기(Kejiltec system 2300, Sweden)로 분석되었으며, 지방은 Folch et al. (1959)

의 방법에 따라 Soxhlet 추출장치(Soxhlet heater system C-SH6, Korea)를 이용하여 분석되었다.

5. 혈액분석

Hematocrit은 헤파린이 처리된 미세혈관채혈튜브(Micro Hematocrit Capillary Tubes)에 혈액을 채운 다음 고무판(Wax plates)에 세운 후, 혈액진단 원심분리기(Micro Hematocrit VS-12000, Vision Scientific, Korea)에서 10분간 원심분리하여 값을 측정하였다. Hemoglobin, ALT, AST, Total protein 및 Glucose 함량은 각각의 시약과 반응시킨 후 혈액생화학분석기(Express plus system, Bayer, USA)를 이용하여 분석하였다. ALT와 AST는 kinetic, Hemoglobin, Total protein 및 Glucose 함량은 end point방법으로 분석되었다.

6. 조직학적 관찰

넙치 해부를 통하여 간췌장, 신장 및 전장의 조직학적 변화를 확인하기 위해 각 실험구당 3마리씩 무작위로 추출하였다. 해부한 조직을 Bouin's solution에 24시간 동안 고정 후 고정된 샘플을 수세와 탈수를 거쳐 paraffin에 포매하여 4-6µm 두께로 연속절편하여 조직표본을 만들었다. 제작된 조직표본은 Mayer's hematoxylin과 0.5% eosin (H-E)의 비교염색을 실시한 후 광학현미경으로 관찰하였다.

7. 통계학적 분석

실험사료군의 배치는 완전확률계획법(Completely randomized design)에 따라 실시하였고, 성장 및 분석결과는 SPSS (Version 12.0) 프로그램을 이용하여 One-way ANOVA로 통계 분석되었다. 실험의 데이터 값의 유의차는 Duncan's multiple test ($P < 0.05$)로 비교되었다. 데이터는 평균값 \pm 표준편차(mean \pm SD)로 나타내었다. 백분율 데이터는 arcsine 변형 값으로 계산하여 통계 분석되었다.

<Table 2> Effects of different feeding rates on growth performance of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed the experimental diet for 3 weeks¹

	Diets					Pooled SEM ⁸
	0%	1.0%	1.65%	2.3%	S ²	
Initial weight (g/fish)	95.5	96.5	96.5	102	94.0	0.90
Final weight (g/fish)	83.6	113	135	160	160	9.85
Weight gain ³	-12.5 ^d	16.9 ^c	39.1 ^b	56.9 ^{ab}	70.2 ^a	9.91
Specific growth rate ⁴	-0.74 ^d	0.86 ^c	1.84 ^b	2.50 ^{ab}	2.93 ^a	0.44
FE ⁵	-	101.7 ^c	122.6 ^b	118.0 ^b	139.3 ^a	7.84
PER ⁶	-	0.32 ^d	0.76 ^c	1.09 ^b	1.34 ^a	0.19
Survival ⁷	97.5	97.5	95.0	87.5	95.0	2.52

¹Values are means of duplicate groups of fish; values in each row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²S = Satiation (2.52%).

³WG: Weight gain (%) = (final weight - initial weight) × 100 / initial weight.

⁴SGR: Specific growth rate (%/day) = (log_e final weight - log_e initial weight) × 100 / days.

⁵FE: Feed efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) × 100.

⁶PER: Protein efficiency ratio = wet weight gain / protein intake.

⁷Survival (%) = Number of fish at the end of experiment / number of fish stocked × 100.

⁸Pooled standard error of means: SD/√n.

III. 결과 및 고찰

육성기 넙치(97 g)를 대상으로 적수온기 배합 사료 적정 공급률을 알아보기 위한 3주간의 성장 실험 결과는 <Table 2>에 나타내었다. 실험기간 동안의 생존율은 88~98% 범위로 모든 실험구에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 성장결과에 있어서는 사료를 급이하지 않은 0% 실험구에서 어체중이 감소되는 성장률(-12.5%)을 보였으며, 사료급이량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하여 반복실험구에서 유의적으로 가장 높은 값을 보였으며, 2.3% 실험구와 유의적인 차이는 없었다. 반복실험구의 사료 공급률은 2.52% 였다. 일간성장률, 사료효율 및 단백질이용효율에서도 사료급이량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다. Kim et al. (2011)은 넙치 15.7 g을 대상으로 저수온기에 사료공급률을 조사한 결과 사료를 급이하지 않은 절식실험구(0%)에서 본 연구 결과와 일치하게 어체중이 감소하는 성장률(-9.4%)을 보였다. 본 연구에서는 성장률(-12.5%)이 보다 더 크게 감소하였는데 어체의 크기(15.7 g vs 97 g) 및 사육수온(저수온, 적수온)의 차이가 영향을 미

친 것으로 판단된다.

지금까지 연구 보고된 넙치의 배합사료 공급률 연구결과를 종합해 보면, 13 g 넙치치어를 대상으로 여름철 평균수온이 21~25℃일때 실험한 결과 어체중 당 3.56%으로 조사되었고, 넙치 7.7 g 치어를 대상으로 저수온기 및 고수온기에 적정급 이량을 조사한 결과 각각 어체중 당 1.97~2.51%, 4.82~6.36%로 보고되었으며, 육성기 281 g 넙치를 대상으로 겨울철(12℃)에 적정급이량을 조사한 결과 어체중 당 0.32%로 보고되었다(Choi et al., 2008; Kim et al., 2011; Kim et al., 2009). 본 연구의 어체사이즈와 비슷한 육성기 넙치 (117 g)를 대상으로 겨울철 저수온기 평균 수온이 13℃일때 실험한 결과 1일 1회 어체중 당 0.3% 정도로 반복 급이하는 것이 좋다고 보고하였다(Kim et al., 2010). 본 연구에서는 이보다 높은 2.23%로 1일 3회 반복급이 하는 것이 적정급이량으로 조사되었는데, 이것은 사육수온 및 성장단계에 따라 사료급이량 및 급이횟수가 달라질 수 있음을 의미한다. 따라서 넙치 양식에 있어서도 성장 및 수온단계별로 사료급이량, 먹이 급이 방법 (제한 급이, 반복급이) 및 급이횟수를 달리하여야 할 것

이다. 따라서 추후 성장단계 및 사육수온을 보다 세부적으로 나누어 배합사료 공급률 및 급이횟수에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

배합사료 급이량이 넙치의 혈액성상에 미치는 영향을 알아보기 위해 조사한 혈액분석 결과는 <Table 3>에 나타내었다. Hematocrit 및 ALT 결과에서는 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. Hemoglobin 결과는 1.0% 및 2.3% 실험구가 1.65% 실험구 보다 유의적으로 높았으며, glucose 함량에서는 2.3% 실험구가 1.65% 실험구 보다 유의적으로 높았다. Total protein 함량에서는 1.65% 실험구 및 반복실험구가 1.0% 실험구 보다 유의적으로 높았다. AST 결과에서는 2.3% 실험구가 0%, 1% 및 반복실험구 보다 유의적으로 낮았으며, 1.65% 실험구와는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 본 연구에서 사료급이량에 따른 실험구간에 혈액분석 결과 값의 뚜렷한 경향은 보이지 않았으나, 2.3% 실험구에서 좋은 결과를 보였다. 혈액성분 분석은 어류의 건강상태, 생리적 활성 및 체내 대사장애를 진단하는 수단으로 활용되고 있으며(Nakagawa and Ikuta, 1977), 양식 어류의 전신상태 및 영양상태의 지표로 total

protein 및 glucose 함량, 간기능 지표로 ALT 및 AST 항목이 많이 사용되고 있다(Kim and Lee, 2009). 아직까지 양식어종들의 정상범위에 해당하는 혈액성상 결과에 대해 명확하게 밝혀지지 않았다. 넙치에 대한 혈액성상들을 분석한 결과 hematocrit (19.4~36.6 %), hemoglobin (5.3~18.4 g/dL), ALT (4~11 U/L), AST (9.3~101 U/L), glucose (14.8~31.1 mg/dL), total protein (4.1~8.8 mg/dL)으로 보고되고 있다(Kang et al., 2001; Hur et al., 2002; Chang et al., 2002; Kang and Min 2010; Kim et al., 2007; Kim et al., 2013). 본 연구에서도 모든 실험구의 혈액분석 값이 지금까지 보고된 넙치의 혈액분석 수치 범위에 해당되었다. 본 연구는 3주라는 짧은 기간 동안 배합사료 급이량을 달리하여 조사한 결과, 뚜렷한 차이나 경향을 관찰할 수 없었지만 급이량에 따른 유의적인 차이가 관찰 되었다. 이러한 차이는 배합사료 급이량이 어류의 혈액성상에 영향을 미칠 수 있으므로 향후 보다 더 장기간에 걸친 연구를 통해 보다 더 세부적인 매커니즘이 규명되어져야 할 것으로 판단된다.

<Table 3> Effects of different feeding rates on serological characteristics of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed the experimental diet for 3 weeks¹

	Diets				S ²	Pooled SEM ⁵
	0%	1.0%	1.65%	2.3%		
Hematocrit (%)	29.0	29.5	26.5	30.0	29.8	0.69
Hemoglobin (g/dL)	4.97 ^{ab}	5.34 ^a	4.52 ^b	5.44 ^a	4.77 ^{ab}	0.12
AST ³	19.2 ^b	32.2 ^a	14.5 ^{bc}	12.5 ^c	33.5 ^a	2.98
ALT ⁴	9.83	9.57	9.08	9.81	8.80	0.80
Glucose (mg/dL)	22.8 ^{ab}	20.7 ^{ab}	13.5 ^b	28.17 ^a	19.35 ^{ab}	1.96
Total protein (mg/dL)	3.85 ^{ab}	3.02 ^b	4.40 ^a	4.00 ^{ab}	4.09 ^a	0.18

¹Values are means of duplicate groups of fish; values in each row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²S = Satiation (2.52%).

³AST (U/L): Aspartate transaminase.

⁴ALT (U/L): Alanine transaminase.

⁵Pooled standard error of means: SD/\sqrt{n} .

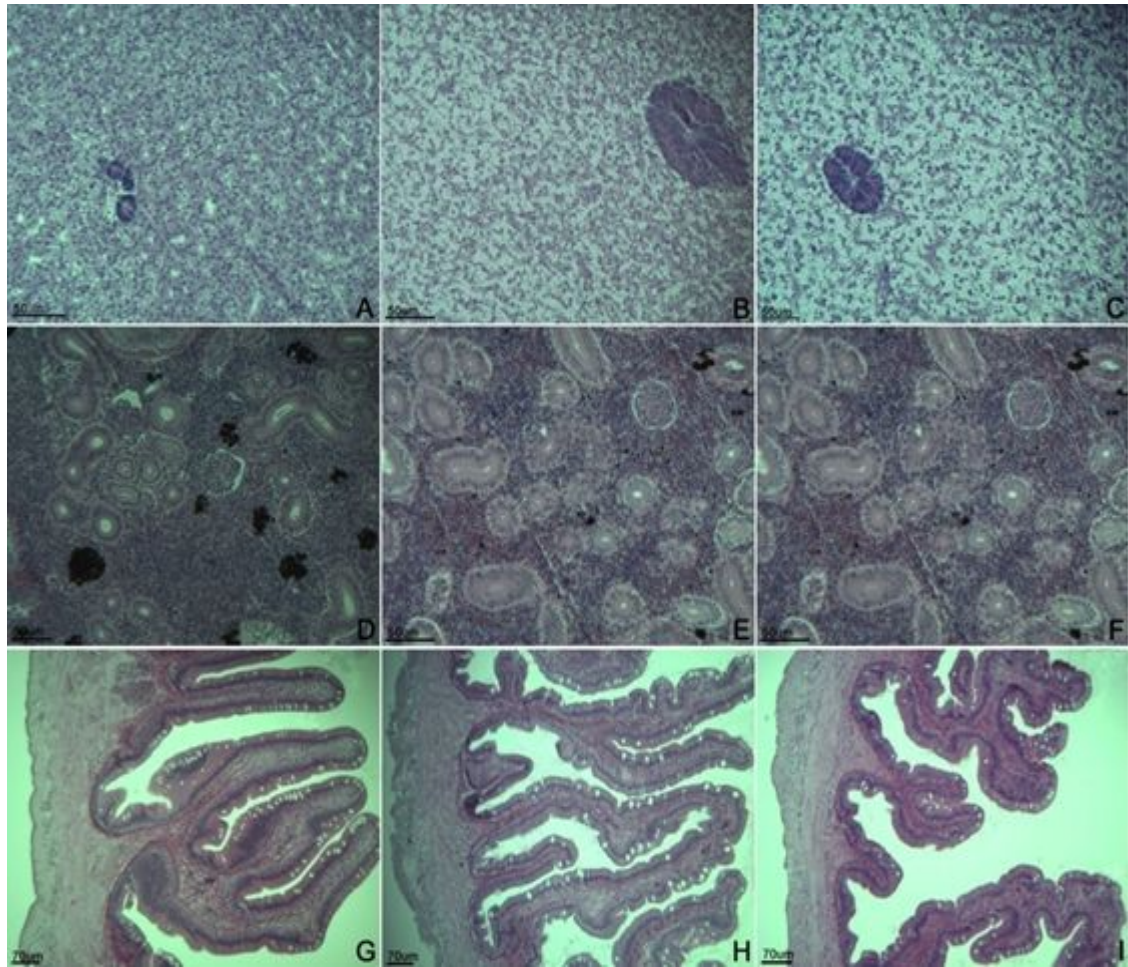
사료급이량을 달리하여 사육한 실험어의 전어 체 분석 결과는 <Table 4>에 나타내었다. 실험사

료를 급이하지 않은 절식실험구(0%)에서는 사료를 급이한 실험구와 비교하여 회분함량은 유의적

으로 낮았으며, 지방함량과 수분함량은 유의적으로 높았다. 이것은 넙치가 사료를 섭취하지 못해 체중이 감소하면서 지방을 어체 내에 축적시킴으로서 전어체의 일반성분에 영향을 끼친 것으로 판단된다. 사료급여량에 따른 실험구간에 전어체의 일반성분은 뚜렷한 경향을 보이지 않았다.

배합사료의 급여량이 넙치의 간췌장, 신장 및 전장의 조직학적 변화에 미치는 영향을 알아보기

위해 0%(절식실험구), 1.65% 및 만복실험구(2.52%)의 조직상을 조사한 결과는 [Fig. 1]에 나타내었다. 3주간의 사육실험 동안 모든 실험구에서 복부팽창과 같은 병변현상은 관찰되지 않았다. 3개 실험구의 간췌장에서 간세포 내 핵이 응축되어 있고 모세혈관의 팽창 및 체장 효소원 과립들이 감소하는 현상을 관찰할 수 있었다([Fig. 1A-C]). 신장은 절식실험구, 1.65% 실험구 및 만복실험구



[Fig. 1] Histological changes of the hepatopancreas, kidney and anterior intestine of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed the experimental diet for 3 weeks. A, D and G: 0% group (A: hepatopancreas, D: kidney, and G: anterior intestine), B, E and H: 1.65% group (B: hepatopancreas, E: kidney, and H: anterior intestine), C, F and I: S (satiation) group (C: hepatopancreas, F: kidney, and I: anterior intestine).

<Table 4> Effects of different feeding rates on whole body composition of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, fed the experimental diet for 3 weeks (% DM)¹

	Diets					Pooled SEM ³
	0%	1.0%	1.65%	2.3%	S ²	
Moisture	75.7 ^a	74.6 ^d	75.0 ^b	74.8 ^c	73.8 ^c	0.14
Crude protein	71.3 ^c	82.0 ^a	68.8 ^d	72.7 ^b	72.3 ^b	1.04
Crude lipid	14.5 ^a	-	13.7 ^b	10.9 ^c	14.0 ^{ab}	0.92
Crude ash	12.1 ^c	19.2 ^a	12.8 ^d	16.0 ^b	14.4 ^c	0.58

¹Values are means of duplicate groups of fish; values in each row with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

²S = Satiation (2.52%).

³Pooled standard error of means: SD/ \sqrt{n} .

모두 사구체 내 혈구세포가 팽창하고, 신관 상피층 상피세포의 팽창된 조직상을 보였다([Fig. 1D-F]). 증장은 1.65% 실험구에서는 정상적인 조직상을 보였으나 절식실험구와 반복실험구에서 점막상피층 핵들이 응축되는 형태를 보였다([Fig. 1G-I]). 모든 조직에서 배합사료 급이량에 따른 조직상은 크게 차이를 보이지 않았다. 본 연구는 기간이 3주로 짧아 실험구간에 큰 차이를 볼 수 없었으나, 향후 배합사료 급이량을 달리하여 장기 실험을 수행한 후 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

연구결과를 종합해 보면, 배합사료의 급이량은 적수온기 육성기 넙치의 성장 및 사료효율에 영향을 끼치므로, 넙치 사육시 사육수온과 성장단계를 고려하여 사료가 과잉 또는 부족하게 급이되지 않도록 주의하여야 할 것이다. 넙치의 적정수온인 21℃에서 성장률을 기초로 한 넙치 97 g의 배합사료 적정공급률은 어체중 당 2.23% 내외가 적절한 것으로 사료된다. 향후 지속가능한 양식산업을 위해 정부에서 추진하는 배합사료 의무화 정책에 대비하여 배합사료를 사용하는 넙치 양식어민들을 위한 가이드라인으로 활용되길 희망한다.

References

AOAC (Association of Official Analytical Chemists)

(2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th Edition. Cunniff P, ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc, Arlington, VA, U.S.A.

Chang, Y. J. · Hur, J. W. & Chin, P.(2002). Hematological characteristics of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) in culture farm influenced by heated effluent water from a power plant in summer, J. Aquaculture. 15(4), 267~273.

Choi, S. M. · Kim, K. W. · Kang, Y. J. · Park, H. S. & Bai, S. C.(2008). Optimum dietary lipid level and feeding rates of extruded pellets in juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* during the summer season. J. Aquaculture. 21, 244~251.

Folch, J. · Lee, M. & Sloane - Stanley, G. H. (1959). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226, 497~509.

Hur, J. W. · Lee, B. K. · Chang, Y. J. · Lee, J. K. · Lim, J. H. · Park, C. H. & Kim, B. K.(2002). Stress responses of olive flounder *Paralichthys olivaceus* to hyposalinity, J. Aquaculture.

Kang, J. C. · Jee J. H. & Cho, K. S.(2001). Hemochemical changes in olive flounder, *Paralichthys olivaceus* exposed to various iron concentrations, J. Fish. Pathol, 14(1), 37~45

Kang, J. C. · Min, E. Y.(2010). Changes of hematological parameters in olive flounder *Paralichthys olivaceus* exposed to pentachlorophenol, J. Fish . Pathol. 23(2), 189~198.

Kim, H. C. · Noh, J.K. · Lee, J. H. · Park, C. J. · Min, B. H. · Kim, K. K. · Kim, J. H. · Lee, J. G. & Myeong, J. I.(2011). Estimation of genetic

- parameters of growth-related traits from 11-month-old olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) base population in which wild flounder broodstocks were introduced. J. Anim. Sci. and Tech. 53, 99~106.
- Kim, J. W. · Cho, M. Y. · Park, G. H. · Won, K. M. · Choi, H. S. · Kim, M. S. & Park, M. A. (2010). Statistical data on infectious diseases of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* from 2005 to 2007. J. Fish. pathol. 23, 369~300.
- Kim, K. D. · Nam, M. M. · Kim, K. W. · Kim, D. G. & Son, M. H.(2010). Effects of feeding rate and frequently on the winter growth and body composition of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Aquaculture 43, 217~222.
- Kim, K. D. · Nam, M. M. · Kim, K. W. · Lee, H. Y. · Hur, S. B. · Kang, Y. J. & Son, M. H.(2009). Effects of feeding rate and feeding frequency on growth and body composition of sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus* in suboptimal water temperature. J. Aquaculture 42, 262~267.
- Kim, K. W. · Hwang, N. Y. · Son, M. H. · Kim, K. D. · Lee, J. H. · Liu, Y. · Yun, Y. H. · Park, G. H. · Kim, S. S. · Lee, K. J. & Bai, S. C.(2011). Optimum feeding rates in juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed practical expanded pellet at low and high water temperature. J. Aquaculture 44, 345~351.
- Kim, K. W. · Kim, S. S. · Kim, J. W. · Son, M. H. · Kim, K. D. · Bai, S. C. & Lee, K. J.(2011). Effect of feeding rate and pellet water-soaking on growth, blood components, and histology of olive flounder *Paralichthys olivaceus*. J. Aquaculture 44, 490~498.
- Kim, S. S. & Lee, K. J.(2009). Dietary protein requirement of juvenile tiger puffer (*Takifugu rubripes*). Aquaculture 287, 219~222.
- Kim, S. S. · Galaz, G. B. · Heo, M. S. · Kim, G. Y. · Choi, K. S. · Lee, K. W. · Yeo, I. K. & Lee, K. J.(2007). Effects of dietary selfheal (*Prunella vulgaris*) water extracts and its culture fluid with *Lactobacillus rhamnosus* on growth and immune responses of juvenile olive flounder. J. Aquaculture 40, 300~307.
- Kim, S. S. · Rahimnejad, S. · Kim, K. W. · Lee, B. J. & Lee, K. J.(2013). Effects of dietary supplementation of spirulina and quercetin on growth, innate immune responses, disease resistance against *Edwardsiella tarda*, and dietary antioxidant capacity in the juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Fish. Aquat. Sci. 16, 7~14.
- Min, B. H. · Lee, J. H. · Noh, J. K. · Kim, H. C. · Park, C. J. · Choi, S. J. & Myeong, J. I.(2009). Hatching rate of eggs, and growth of larvae and juveniles from selected olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Dev. Reprod. 4, 239~247.
- Nakagawa, K. & Ikuta, K.(1977). Electrophoretic evidence of seasonal variation of carp plasma albumin, J. Fac. Fish. Aim. Husb. Hiroshima. Univ. 16, 99~106.
- NRC (Nutrient Research Council).(2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. The National Academy Press, Washington DC, U.S.A. 279.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute).(2006). Standard manual of olive flounder culture. NFRDI, Busan, Korea. 5.
- Schmittou, R. H. · Jian, Z. & Cramber, M. C.(1998). Principles and practices of 80:20 pond fish farming. St. Louis, MO : American Soybean Association.
- Statistics Korea.(2014). Statistic Database for Aquaculture production. Retrieved from <http://kostat.go.kr> on March 20.

-
- 논문접수일 : 2014년 06월 13일
 - 심사완료일 : 1차 - 2014년 07월 07일
2차 - 2014년 07월 15일
 - 게재확정일 : 2014년 07월 15일