

사료급여율이 여름철에 사육된 넙치 성어의 성장 및 체조성에 미치는 영향

김경덕, 강용진, 이종윤, 김강웅, 이해영, 장미순, 최세민, 남명모^{1,*}, 이상민²
국립수산과학원 양식사료연구센터, ¹동해특성화연구센터, ²강릉대학교 해양생명공학부

Effects of Feeding Rate on Growth and Body Composition of Adult Flounder *Paralichthys olivaceus* During the Summer Season

Kyoung-Duck Kim, Yong Jin Kang, Jong Yun Lee, Kang-Woong Kim,
HaeYoung Moon Lee, Mi-Soon Jang, Se-Min Choi, Myung-Mo Nam^{1,*} and Sang-Min Lee²
Aquafeed Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Pohang 791-923, Korea
¹*East Sea Mariculture Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Uljin 767-863, Korea*
²*Faculty of Marine Bioscience and Technology, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea*

A 10-week feeding trial was conducted to investigate the effects of feeding rate on growth and body composition of adult flounder during the summer season. Three replicated groups of the fish (initial mean weight of 535±4.1 g) were hand-fed a extruded diet twice a day at the different feeding rates of satiation (100%), 90%, 80% and 70% of satiation for 10 weeks. Mean Water temperature was 19.2±2.8°C during the feeding trial. Weight gain and condition factor increased significantly with increase in daily feeding rate ($P<0.05$), but there was no significant difference in weight gain of fish fed the diet between 100% and 90% of satiation. Survival and feed efficiency were not significantly different among all groups. Proximate composition of dorsal muscle was not significantly affected by feeding rate. Based on the results of this study, optimum feeding rate for growth and condition factor of adult flounder (535-928 g) seemed to be 90% of satiation.

Keywords: Feeding rate, Adult flounder, Growth, Condition factor, Summer season

서 론

어류양식에 소요되는 비용 중 사료비는 다른 요소들에 비해 상대적으로 높은 비율을 차지하며, 사료 공급은 양식현장에서 양어가에 의해 조절되므로 양식 성공을 위한 가장 주요한 요소 중에 하나이다.

양식이 성립되기 위해서는 우선 대상어종에 적합한 질 좋은 배합사료를 개발하는 것이 일차적으로 중요하지만, 배합사료가 있더라도 이를 효율적으로 사용하지 않으면 양식생산성을 높일 수 없다. 즉 어류의 성장단계 및 사육조건에 적합하게 적정량의 사료를 적절한 시간에 급여하여야 최대의 성장과 사료효율을 유도할 수가 있게 된다. 만약 양식 대상종에 적합한 사료급여 체계가 확립되어 있지 않을 경우에는 사료가 부족 또는 과잉으로 급여 되기 쉽다. 사료의 과잉 급여는 사료의 유실과 어체내 사료의 비효율적인 이용으로 사료 허실을 초래하여 경제적인 손실과 수질오염원을 증가시킬 수 있다. 반대로 사료를 부족하게 급여하면 어류의 최대 성장에 필요한 영양소 요구를 만족 시키지 못하여 성장 저하를 초래할 수 있다(Tsevis et al., 1992;

Azzaydi et al., 2000). 그러므로 어류의 최대 성장과 사료효율을 얻을 수 있는 적정 사료급여량과 급여횟수를 결정하는 것은 양식 생산성의 향상과 수질오염 감소를 위해 매우 중요하다(Ng et al., 2000; Mihelakakis et al., 2002).

넙치 배합사료 급여체계 설정을 위한 적정 사료급여율 및 급여횟수와 같은 급여조건에 관한 연구는 치어기, 육성기 및 미성어기에서 일부 수행되었지만(Cho et al., 2006; 2007; Kim et al., 2007), 효율적인 넙치 양식을 위한 배합사료 급여체계 설정을 위해서는 어체의 크기 및 수온에 따른 세분화된 연구들이 수행되어야 한다. 그래서 본 연구는 사료급여율이 여름철에 사육된 넙치 성어의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 조사하여 넙치 사육에 적합한 사료급여 체계를 설정하는데 필요한 자료를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험사료

실험사료는 기존에 수행된 넙치 배합사료 연구 결과를 토대로 하여(Kim et al., 2008) 설계하였으며, 사료조성 및 영양성분

*Corresponding author: mmnam@nfrdi.go.kr

Table 1. Ingredients and nutrient contents of the experimental diet

Ingredients (%)	
Anchovy meal	61.0
Soybean meal	3.0
Wheat gluten	2.0
Squid liver powder	2.0
Krill meal	4.0
Wheat flour	12.5
Fish oil	6.1
Others	9.4
Nutrient contents (dry matter basis)	
Moisture (%)	8.1
Crude protein (%)	54.8
Crude lipid (%)	10.6
Ash (%)	11.0
Gross energy (cal/g)	4912

분석 결과를 Table 1에 나타내었다. 단백질원으로 어분, 대두박, 밀글루텐, 오징어간분 및 크릴밀을 사용하였고, 지질원과 탄수화물원으로는 어유와 소맥분을 각각 사용하였다. 부상배합사료의 형태로 실험사료를 제조하기 위하여 사료회사에 의뢰하여 직경 15 mm 크기로 제조하였다.

실험어 및 사육관리

실험어는 1.8톤 원형수조에서 1개월 동안 예비 사육하다가 외형적으로 건강한 평균 체중 535 ± 4.1 g의 실험어를 선별하여 12개 수조에 15마리씩 사료급여율 별로 3반복 수용하였다. 사료급여율은 만복(100%), 만복의 90%, 80%, 70%(어체중에 대한 일일사료섭취율 기준)로 설정하였으며, 만복 실험구는 1일 2회 실험어가 사료를 먹을 때까지 손으로 공급하였으며, 제한 급여구들은 만복 실험구의 사료섭취량을 기준으로 준비하여 1일 2회로 나누어 공급하였다. 사육실험은 10주간(2005년 8월 - 10월) 실시하였으며, 사육실험 시작 5주 후 중간측정을 실시하였다. 각 수조에 자연해수를 분당 10 L내외로 조절하여 주수하였으며, 사육 기간동안의 평균 수온은 $19.2 \pm 2.8^\circ\text{C}$ 였다. 사육실험 시작 5주까지의 일일 사료급여량은 예비사육 기간의 사료효율을 토대로 일일 증체율을 추정하여 결정하였으며, 사육실험 5주 이후부터의 일일 사료급여량은 중간 측정시까지의 사료섭취량과 사료효율을 기간별로 추정하여 일일 증체율을 계산하고 그에 따라 준비하였다. 어체 측정을 위하여 측정 전일 절식시킨 후, 각 실험수조에 수용된 실험어 전체의 무게를 측정하였다.

성분분석

어체 성분분석을 위하여 실험종료시 각 실험수조에서 5마리를 시료로 취하여 냉동보관(-25°C)하였다. 실험사료와 실험어의 수분은 105°C 에서 6시간 건조 후 측정하였으며, 조단백질(N \times 6.25)은 Auto Kjeldahl System(Gerhardt VAP500T/ TT125, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지방은 조지방추출기(Velp SER148,

Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550°C 에서 4시간 동안 회화 후 측정하였다. 사료의 총에너지량은 열량분석기(Parr-6200, USA)를 사용하여 분석하였다.

통계처리

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

결과 및 고찰

넙치는 수온 $20\text{-}25^\circ\text{C}$ 의 범위에서 성장이 잘 되는 어종으로 수온이 상승하는 여름철에는 사료섭취율이 증가하게 되며 성장 속도도 상대적으로 증가한다(Iwata et al., 1994). 수온은 어류의 성장에 영향을 미치는 중요한 환경인자 중의 하나로서, 수온이 낮아지면 소화효소의 활성 및 대사가 감소하게 되어 (Fauconneau et al, 1983) 먹이 섭취량이 적어지고, 수온이 상승하게 되면 활동성 및 대사의 증가로 사료섭취율도 증가하기 (NRC, 1993) 때문에 수온에 따른 적정 사료급여율 및 급이횟수를 설정하는 것이 필수적이다. 최초 평균체중 535 g의 넙치 성어를 여름철에 사료급여율을 달리하여 10주간 사육한 본 연구결과, 증체율, 일일 사료섭취율 및 비만도는 사료급여율에 따라 유의한 차이를 보였으나($P < 0.05$), 사육기간 동안의 생존률 및 사료효율은 모든 실험구간에 통계적인 차이가 없었다(Table 2). 증체율과 어체의 비만도는 일일 사료급여율이 증가함에 따라 증가하였으며, 만복의 90% 급이구는 만복 급이구와 유의한 차이가 없었으나, 80% 및 70% 급이구는 만복 급이구에 비하여 낮은 결과를 보였다. 이러한 결과로 볼 때, 여름철에 넙치 성어의 적정 성장 및 어체의 비만도 유지를 위해서는 만복 급이의 90% 이상의 사료를 급여하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

또한 본 연구에서 만복 급이구의 증체율은 제한 급이구에 비해 높은 결과를 보였는데, 이는 사료 급여율이 증가할수록 어류의 성장률이 증가한다는 기존의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다(Cho et al. 2006; Kim et al. 2007). 그리고 Cho et al. (2007)은 사료 급여율을 달리하여 최초 체중 318 g의 넙치를 사육한 결과, 만복 급이구와 90% 만복 급이구 간에 성장에서 유의한 차이가 없었다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 결과를 보였다. 그러나 치어기 넙치(3-18 g, 17-90 g)를 대상으로 한 기존의 연구들에서는 적정 사료급여율이 만복의 95%로 나타나(Cho et al. 2006; Kim et al. 2007), 어체 크기에 따라 적정 사료급여율에 차이를 보였다.

Kim et al. (2007)은 평균수온 24°C 에서 치어기 넙치(3-18 g) 사육을 위한 적정 일일 사료급여율은 체중의 2.6%로 보고하였으나, 본 연구의 경우, 평균수온 19°C 에서 성어기 넙치(535-928 g) 사육을 위한 적정 일일 사료급여율은 체중의 0.6%로 나타났다. 이와 같이, 본 연구에서 적정 사료급여율이 감소한 것

Table 2. Growth performance of adult flounder fed the diet with the different feeding rates for 10 weeks

	Feeding rate (% satiation)			
	100	90	80	70
Initial mean weight (g/fish)	539±3.5	534±1.2	535±1.0	534±1.0
Weight gain (%) ¹	68±5.2 ^a	59±2.8 ^{ab}	48±1.8 ^{bc}	42±2.2 ^c
Daily feed intake ²	0.68±0.02 ^a	0.60±0.00 ^b	0.54±0.00 ^c	0.47±0.00 ^d
Feed efficiency (%) ³	109±3.3	113±4.4	105±3.1	116±2.4
Condition factor ⁴	1.12±0.01 ^a	1.10±0.02 ^{ab}	1.08±0.00 ^b	1.00±0.02 ^c
Survival (%)	100±0.0	87±7.7	82±11.1	89±8.0

Values (mean±SE of three replications) in each row with a different superscript are significantly different ($P<0.05$).

¹(Final body weight - initial body weight) × 100/initial body weight.

²Feed intake (dry matter) × 100/[(initial fish weight + final fish weight + dead fish weight) × days fed/2].

³Fish wet weight gain × 100/feed intake (dry matter).

⁴Fish weight × 100/total length³.

Table 3. Proximate compositions of the dorsal muscle and liver of adult flounder fed the diet with the different feeding rates for 10 weeks

Feeding rate (% satiation)	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)
		Dorsal muscle	
100	75.4±0.06 ^a	22.3±0.05	0.6±0.11
90	75.0±0.29 ^a	22.4±0.08	0.8±0.04
80	77.0±0.34 ^b	21.9±0.88	0.6±0.18
70	75.7±0.09 ^a	21.4±0.15	0.8±0.30
		Liver	
100	60.6±1.04	9.2±0.19	16.7±1.34
90	60.2±0.55	9.4±0.43	15.6±2.70
80	67.2±3.31	10.5±0.65	14.3±2.13
70	63.4±1.25	10.4±0.54	15.7±0.86

Values (means±SE of three replications) in the same column not sharing a common superscript letter are significantly different ($P<0.05$).

은 사육어의 크기 및 사육수온의 차이 때문인 것으로 판단되며, 타 어종의 연구에서도 체중에 대한 백분율로 나타난 적정 사료 급여율은 어체의 크기가 증가하고 사육수온이 낮아질수록 감소하는 것으로 알려져 있다(Brett, 1979).

본 연구에서 사료효율은 만복 급여구와 만복의 90%, 80% 및 70% 급여구간에 유의한 차이가 없었는데, 기존의 연구에서도 본 연구와 유사하게 만복 급여구와 제한 급여구 간에 사료 효율에 차이가 없는 것으로 보고되었다(Seo et al., 2005). 그러나 Lee (1997)는 조피볼락을 대상으로 사료급여율을 달리하여 15주간 사육 실험한 결과, 사료섭취율이 높을수록 사료이용률이 떨어진다고 보고하여 본 연구와 차이를 보였다. 이러한 차이를 명확하게 설명할 수는 없으나, 어종 및 소화기관의 구조나 소화효소 활성 등에 따른 차이에 의한 것으로 판단되지만, 금후 이러한 차이에 대한 상세한 연구가 요구된다.

사육실험 종료시, 어체의 비만도는 사료급여율이 감소함에 따라서 감소하는 경향을 보였지만, 최초체중 319 g의 넙치를 대상으로 한 기존의 연구(Cho et al. 2007)에서는 사료급여율에 따른 비만도에 차이를 보이지 않았다. 이러한 차이는 어체가 성장할수록 체중 증가에 비해 체장 증가율이 낮아졌기 때문인 것으로 판단되며, 어체의 비만도 차이는 출하를 위한 넙치 양식어의 상품적 가치에도 많은 영향을 미칠 수 있을 것이다.

실험 종료 후, 실험어의 등근육과 간의 일반성분 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 등근육과 간의 각 성분들은 실험구 간에 특별한 변화 경향을 보이지 않았으며, 등근육의 수분 함량을 제외한 다른 성분에서는 유의한 차이가 없었다. Cho et al.(2007)의 연구에서도 실험어의 일반성분은 사료급여율에 따른 차이를 보이지 않아 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

본 연구의 증체율 및 비만도 결과로 볼 때, 여름철에 넙치 성어(535-928 g)의 적정 성장 및 비만도 유지를 위해서는 만복의 90%로 사료를 급여하여도 좋을 것으로 판단된다. 또한 넙치의 최적 성장을 유도할 수 있는, 경제적이고 친환경적인 양식을 위한 사양관리방안 제시를 위해서는 넙치 배합사료의 적정 급여량 및 급여횟수에 대한 조사가 수행되어야 하며, 급여율이나 급여횟수 같은 급여조건은 수온과 어체중의 변화에 따라 세분화되어야 양식현장에서 활용이 가능할 것이다.

요 약

본 연구는 사료급여율이 여름철에 사육된 넙치 성어의 성장 및 체조성에 미치는 영향을 조사하고자 수행되었다. 최초 평균 체중 535 g의 실험어를 12개 수조(1.8톤)에 15마리씩 사료급여율 별 3반복으로 수용하여, 1일 2회 실험사료를 급여하며 10주

간 사육하였다. 사료급여율은 만복(100%), 만복의 90%, 80%, 70%(어체중에 대한 일일 사료섭취율 기준)로 설정하였다. 사육 기간 동안의 평균수온은 $19.2 \pm 2.8^\circ\text{C}$ 였다. 사육실험 후, 증체율, 일일사료섭취율 및 비만도는 사료급여율에 따라 유의한 차이를 보였으나, 생존률 및 사료효율은 모든 실험구간에 차이가 없었다. 증체율과 어체의 비만도는 일일 사료급여율이 증가함에 따라 증가하였으며, 만복의 90% 급여구는 만복 급여구와 유의한 차이가 없었으나, 80% 및 70% 급여구는 만복 급여구에 비하여 낮은 결과를 보였다. 실험 종료시, 실험어의 등근육과 간의 일반성분은 실험구간에 특별한 변화경향을 보이지 않았다. 본 연구의 증체율 및 비만도 결과로 볼 때, 여름철에 넙치 성어(535-928 g)의 적정 성장 및 비만도 유지를 위해서는 만복의 90%로 사료를 급여하여도 좋을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(배합사료 표준화 및 품질관리 연구, RP-2007-AQ-23)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

- Azzaydi, M., F. J. Martinez, S. Zamora, Sanchez-Valzquez and J. A. Madrid, 2000. The influence of nocturnal vs. diurnal feeding condition under winter condition on growth and feed conversion of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L). *Aquaculture*, 182, 329-338.
- Brett, J. R. 1979. Environmental factors and growth. In: Hoar, W. S., D. J. Randall and J. R. Brett (Eds.), *Fish Physiology. Bioenergetics and Growth*, vol. 8. Academic Press, New York, USA, pp. 599-675.
- Cho, S. H., S.-M. Lee, B. H. Park and S.-M. Lee, 2006. Effect of feeding ratio on growth and body composition of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed extruded pellets during the summer season. *Aquaculture*, 251, 78-84.
- Cho, S. H., S.-M. Lee, B. H. Park, S. C. Ji, C. Y. Choi, J. H. Lee, Y. C. Kim, J. H. Lee and S.-Y. Oh, 2007. Effect of daily feeding ratio on growth and body composition of subadult olive flounder *Paralichthys olivaceus*, fed an extruded diet during the summer season. *J. World Aquacult. Soc.*, 38, 68-73.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- Fauconneau, B., G. Choubert, D. Blanc, J. Breque and P. Luquet, 1983. Influence of environmental temperature on flow rate of foodstuffs through the gastrointestinal tract of rainbow trout. *Aquaculture*, 34, 27-39.
- Iwata, N., K. Kikuchi, H. Honda, M. Kiyono and H. Kurokura, 1994. Effects of temperature on the growth of Japanese flounder. *Fish. Sci.*, 60, 527-531.
- Kim, K.-D., Y. J. Kang, K.-W. Kim and K.-M. Kim, 2007. Effects of feeding rate on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *J. World Aquacult. Soc.*, 38, 169-173.
- 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. Aquaculture*, 21, 102-106.
- S.-M. Lee, 1997. Effects of feeding rates on growth, feed efficiency and body composition of the juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Kor. J. Anim. Nutr. Feed.* 21, 327-334.
- Mihelakakis, A., C. Tsolkas and T. Yoshimatsu, 2002. Optimization of feeding rate of hatchery-produced juvenile gilthead sea bream *Sparus aurata*. *J. World Aquacult. Soc.*, 33, 169-175.
- Ng, W. K., K. S. Lu, R. Hashim and A. Ali, 2000. Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. *Aquaculture International*, 8, 19-29.
- NRC (National Research Council). 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington, DC, 114 pp.
- 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. Aquaculture*, 18, 26-30.
- Tsevis, N., S. Klaoudatos and A. Conides, 1992. Food conversion budget in sea bass *Dicentrarchus labrax*, fingerlings under two different feeding frequency patterns. *Aquaculture*, 101, 293-304.

논문접수 : 2007년 8월 8일
 심사완료 : 2009년 2월 10일
 수정본 수리 : 2009년 2월 11일