

사료 공급 횟수가 쏘가리(*Siniperca scherzeri*) 치어의 성장 및 체조성에 미치는 영향

김이오 · 오승용¹ · 이상민^{2*}

충청북도내수면산업연구소, ¹한국해양과학기술원 해양생물자원연구단, ²강릉원주대학교 해양생물공학과

Influence of Different Feeding Frequency on the Growth and Body Composition of Juvenile Mandarin Fish *Siniperca scherzeri* Reared in a Recirculating Aquaculture System (RAS)

Yi-Oh Kim, Sung-Yong Oh¹ and Sang-Min Lee^{2*}

Chungcheongbuk-do Inland Fisheries Research Institute, Chungju 27432, Korea

¹Marine Bio-Resources Research Unit, Korea Institute of Ocean Science & Technology, Busan 49111, Korea

²Department of Marine Biotechnology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

A feeding trial was conducted to investigate the effect of feeding frequency on the growth performance and body composition of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri*. Triplicate groups of fish (initial fish weight, 7.5 g/fish) were fed to apparent satiation at one, two, three or four meals per day for 8 weeks. The results showed that weight gain of fish fed one meal per day was significantly ($P < 0.05$) lower than those fish fed two, three or four meals per day. Feed efficiency of fish fed two meals per day was significantly ($P < 0.05$) higher than other experimental groups. The plasma cholesterol content was significantly lower in fish fed one meal per day than those fed two, three or four meals per day. Consequently, we can conclude that feeding juvenile mandarin fish twice daily to apparent satiation is acceptable and sufficient to achieve good growth and feed efficiency, as fish performance was not remarkably enhanced when feeding increased from two to four times per day.

Keywords: Mandarin fish, *Siniperca scherzeri*, Feeding frequency, Growth, Feed utilization

서 론

쏘가리(mandarin fish *Siniperca scherzeri*)는 한국, 중국과 베트남 등의 동아시아 지역에 주로 서식하는 담수어종으로 상업적으로 매우 중요한 위치를 차지하고 있다(Zhou et al., 1988). 쏘가리는 맛이 좋을 뿐 아니라 성장이 비교적 빠르고, 질병에 대한 저항성도 높아서 경제적으로 전망이 밝은 내수면 양식 전락품종이다(Su et al., 2005; Sankian et al., 2017). 하지만 남획과 서식지 감소로 인하여 쏘가리의 자연 자원량이 급격하게 감소하고 있고(Zhang et al., 2009), 소비자들의 수요는 계속 증가하고 있어 양식 기술의 개발을 통한 생산량 증대가 절실한 어종이다. 쏘가리의 상업적 중요성에도 불구하고 쏘가리 실용 사료는 아직 개발되지 않은 상태이며, 쏘가리는 육식성이 매우 강하

기 때문에 양식장에서는 살아있는 먹이를 먹여서 사육되고 있는 실정이다(Sankian et al., 2017). 살아있는 먹이로 쏘가리를 사육하는 것은 비경제적이며 비효율적인 양식 방법이다. 따라서 쏘가리 양식 산업을 발전시키기 위해서는 쏘가리 치어의 사료 순치 기술을 개발하는 것이 중요하며, 이를 통한 쏘가리 실용 사료의 개발이 이루어져야 할 것이다. 최근에 충청북도내수면연구소에서 쏘가리를 대량으로 배합사료에 순치시킬 수 있는 기술을 개발하였다(Kim, 2015). 이러한 결과를 바탕으로 쏘가리 전용 사료 개발을 위한 단백질과 지질 함량에 대한 연구가 수행되었다(Sankian et al., 2017). 또한 쏘가리의 적정 사육 수온(Kim and Lee, 2016; Kim and Lee, 2017) 및 사육 밀도(Lee and Kim, 2017)에 관한 연구도 수행되었다.

향후 산업적으로 쏘가리 양식 생산량을 증대시키기 위해서는

*Corresponding author: Tel: +82. 33. 640. 2414 Fax: +82. 33. 640. 2417

E-mail address: smlee@gwnu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0538>

Korean J Fish Aquat Sci 53(4), 538-543, August 2020

Received 6 July 2020; Revised 10 August 2020; Accepted 11 August 2020

저자 직위: 김이오(연구원), 오승용(연구원), 이상민(교수)

사육 방법, 배합사료 품질 향상 및 사료 공급 체계 등과 같은 다양한 연구들이 필요하다. 어류의 성장에 영향을 미치는 요인들 중에서 사료 섭취는 사육 환경, 배합사료 조성, 사료 형태 및 사료 공급 방법 등에 영향을 받기 때문에(Lee et al., 2000a; Lee et al., 2000b), 사육 환경, 사료 품질 향상 및 사료 공급 체계를 연구하는 것이 어류의 성장 및 사료 이용성 개선에 도움이 된다(Lee et al., 2000b; Ng et al., 2000). 특히, 사료 공급 횟수는 어류의 사료 섭취량, 성장 및 노폐물 배출에 영향을 미치는 중요한 요인이다(Silva et al., 2007; Biswas et al., 2010). 부적절한 사료 공급 횟수는 어류의 성장 및 사료효율을 감소시키고, 궁극적으로 어류의 양식 생산 비용을 증가시킨다(Booth et al., 2008; Oh and Maran, 2014). 따라서 성공적인 어류 양식을 위해서는 최적의 사료 공급 횟수에 대한 정보가 필수적이다(Silva et al., 2007; Oh and Maran, 2014). 그러나, 어류의 최대 성장을 위한 적정 사료 공급 횟수는 어종, 어체 크기, 사료 형태, 사료 조성, 사료 공급률 등에 따라 다르다고 보고되어 있다(Wang et al., 1998; Company et al., 1999). 사료 공급이 부족하면 어류의 성장 저하 및 폐사율이 높아지고(Xie et al., 2011), 과도한 사료 공급은 노동과 생산비 증가의 요인이 될 뿐 아니라 수질을 악화시킨다고 보고되어 있다(Biswas et al., 2006). 따라서 쏘가리 양식 산업화를 위해서는 적정 사료 공급 횟수를 조사하여 양식 현장에 적용할 수 있도록 해야 한다. 본 연구는 쏘가리 치어 사육 시 사료 공급 횟수가 성장, 어체 성분 및 혈액 성상에 미치는 영향을 조사하기 위해서 수행되었다.

재료 및 방법

실험어 및 사육관리

실험어로 충청북도내수면산업연구소에서 배합사료로 순치된 쏘가리 치어를 사용하였으며, 실험 시작 2주전부터 실험 사료를 하루 2회 공급하면서 예비 사육하였다. 예비 사육 후, 쏘가리 치어(7.5 g/fish)를 무작위로 수조당 25마리씩 3반복으로 사육 수조(200 L 원형)에 수용하여 8주간 사육하였다. 쏘가리의 사육은 침전조(2,000 L) 1개와 실험 수조(200 L) 12개가 1세트가 되도록 설계한 순환 여과 시스템에서 수온(25°C)과 수질[pH 6.6-7.9, DO (dissolved oxygen) 6.0-7.7]을 조절하면서 실시하였다. 침전조에는 깨끗한 물을 5 L/min 유량으로 계속 보충하면서 여분의 사육수는 퇴수구를 통해 빠져 나가도록 하였다. 또한, 침전조에 수중 펌프를 사용하여 각각의 실험 수조에 동일한 양의 물(8 L/min)을 공급하여 순환되도록 하였으며, 수조마다 에어스톤을 설치하여 산소를 공급하였다. 사료 공급은 1일 4회(08:30, 11:30, 14:30, 17:30), 1일 3회(08:30, 13:00, 17:30), 1일 2회(08:30, 17:30) 및 1일 1회(08:30) 반복으로 공급하였다.

실험사료

실험에 사용된 사료는 양어가들이 현장에서 주로 사용하는 뱀

장어 양성용 시판 분말사료(Purinafeed, Seongnam, Korea)와 전갱이 어분을 8:2의 비율로 혼합한 후에 적당량의 물을 첨가하여 pellet 형태로 사료(Table 1)를 성형하였다. 성형된 실험 사료를 -25°C 냉동고에 보관하면서 실험어류에게 공급하였다.

어체측정 및 성분분석

어체 측정은 사육실험 시작시와 종료시에 측정하기 하루 전부터 절식시킨 후, tricine methanesulfonate (Sigma, St. Louis, MO, USA) 100 ppm 수용액에 마취시켜 실험어의 무게를 측정하였다.

어체의 일반성분 분석을 위하여 각 실험수조에서 5마리씩을 시료로 취하여 냉동보관(-25°C)하였다. 실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC (1995)의 방법에 따라 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Switzerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였다. 회분은 600°C 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정 하였다.

혈액분석

실험사료 공급에 따른 실험어의 혈액성분 변화를 조사하기 위해 실험 종료시 각 실험수조마다 쏘가리 5마리씩 무작위로 추출하여 헤파린에 처리된 1 mL 주사기를 사용하여 실험어의 미부 혈관에서 채혈하였다. 채혈한 혈액을 7,500 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 혈장을 동결보존(-70°C)하면서 혈액분석기(DRI-CHEM NX500i, FUJIFILM, Tokyo, Japan)를 사용하여 total protein (TP), total cholesterol (TCHO), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), alkaline phosphatase (ALP), total bilirubin (TBIL) 및 albumin (ALB)을 각각 분석하였다.

통계분석

결과의 통계처리는 SPSS Ver. 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한

Table 1. Ingredient and proximate composition of experimental diet

Ingredients	%
Commercial powder ¹	80
Fish meal ²	20
Chemical analysis (dry matter basis)	
Crude protein	53.9
Crude lipid	7.0
Ash	10.9

¹Commercial bind powder for eel produced from Purinafeed incorporation (Seongnam, Korea). ²Mackerel fish meal imported from Chile containing 73% crude protein and 9% crude lipid.

후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

사료 공급 횟수에 따른 쏘가리 치어의 성장 및 사료이용성을 Table 2에 나타내었다. 사육실험기간 동안의 모든 실험구의 생존율은 98% 이상으로 실험구간에 유의차가 없었다($P>0.05$). 증중율(weight gain, WG) 및 일간성장률(specific growth rate, SGR)은 1일 1회 공급 실험구가 1일 2회, 3회 및 4회 공급 실험구들보다 유의하게 낮은 결과를 나타내었으며($P<0.05$), 1일 2회, 3회 및 4회 공급 실험구간에서는 서로 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 사료효율(feed efficiency, FE)은 1일 2회 공급 실험구가 1일 1회, 3회 및 4회 공급 실험구보다 유의하게 높게 나타내

었다. 일간사료섭취율(daily feed intake, DFI)은 사료 공급 횟수가 증가함에 따라 유의하게 증가하는 경향을 보였으며, 1일 3회 및 4회 공급 실험구가 1일 1회 및 2회 공급 실험구보다 유의하게 높은 값을 나타내었다($P<0.05$).

사료 공급 횟수에 따른 쏘가리 치어의 전어체 일반성분 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 전어체의 수분, 단백질, 지질과 회분 함량은 모든 실험구간에서 유의차가 없었다($P>0.05$). 사료 공급 횟수에 따른 쏘가리 치어의 혈액성상 결과를 Table 4에 나타내었다. 쏘가리 혈액내 total protein, GOT, GPT, ALP, bilirubin 및 albumin 함량은 실험구간에 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). Total cholesterol은 1일 1회 실험구가 1일 2회, 3회 및 4회 실험구보다 유의하게 낮은 결과를 나타내었으나($P<0.05$), 1일 2회, 3회 및 4회 실험구간에는 서로 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P>0.05$).

Table 2. Growth performance and feed efficiency of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diet for 8 weeks¹

Feeding frequency/day	Survival (%)	Final body weight (g/fish)	WG (%) ²	SGR (%/day) ³	DFI(%) ⁴	FE (%) ⁵
One meal	100±0.0 ^{ns}	14.2±0.32 ^a	94±4.8 ^a	1.18±0.04 ^a	1.70±0.01 ^a	67±2.1 ^a
Two meals	98±1.7	16.8±0.34 ^b	127±5.1 ^b	1.50±0.07 ^b	1.81±0.02 ^b	77±1.0 ^b
Three meals	98±1.7	17.3±0.17 ^b	128±4.1 ^b	1.50±0.05 ^b	2.11±0.02 ^c	66±1.8 ^a
Four meals	100±0.0	17.3±0.20 ^b	128±3.0 ^b	1.47±0.02 ^b	2.19±0.04 ^c	64±0.5 ^a

¹Values (mean±SE of replicate groups) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$). ²Weight gain=(final body weight-initial body weight)×100/initial body weight. ³Specific growth rate=(Ln final weight of fish–Ln initial weight of fish)×100/days of feeding trial. ⁴Daily feed intake=feed intake×100/[(initial fish wt.+final fish wt.+dead fish wt.)×days reared/2]. ⁵Feed efficiency=fish wet weight gain×100/feed intake (dry matter). ^{ns}Not significant ($P>0.05$).

Table 3. Whole body proximate composition of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diet for 8 weeks¹

Feeding frequency/day	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
One meal	72.5±0.70 ^{ns}	19.1±0.08 ^{ns}	3.1±0.11 ^{ns}	4.5±0.60 ^{ns}
Two meals	73.0±0.53	18.5±0.37	2.9±0.05	5.2±0.25
Three meals	71.4±0.30	20.3±0.55	3.5±0.38	5.2±0.36
Four meals	72.2±0.64	19.4±0.42	3.6±0.05	5.2±0.16

¹Values are mean±SE of replicate groups. ^{ns}Not significant ($P>0.05$).

Table 4. Plasma chemical composition of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed experiment diet for 8 weeks¹

	Feeding frequency/day			
	One meal	Two meals	Three meals	Four meals
Total protein (g/dl)	3.47±0.03 ^{ns}	3.90±0.10	3.83±0.20	3.63±0.20
Total cholesterol (mg/dl)	248±9.1 ^a	306±7.5 ^b	289±7.9 ^b	289±12.5 ^b
GOT (U/L)	68.0±9.29 ^{ns}	66.7±13.04	80.7±23.48	68.0±10.69
GPT (U/L)	7.7±1.67 ^{ns}	6.3±0.33	7.0±0.58	6.7±0.67
ALP (U/L)	277±4.6 ^{ns}	299±10.4	283±18.2	276±13.6
Bilirubin (mg/dl)	0.4±0.15 ^{ns}	0.2±0.03	0.2±0.03	0.1±0.01
Albumin (g/dl)	0.6±0.03 ^{ns}	0.6±0.03	0.6±0.03	0.5±0.03

¹Values (mean±SE of replicate groups) in the same row not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$). GOT, Glutamic oxaloacetic transaminase; GPT, Glutamic pyruvic transaminase; ALP, Alkaline phosphatase. ^{ns}Not significant ($P>0.05$).

적정 사료 공급 횟수는 어종의 식성, 서식환경, 크기 등의 요인에 따라 다르다고 보고되고 있다. 여러 어종의 적정 사료 공급 횟수를 조사한 연구 결과들을 보면, 무지개송어(Ruohonen et al., 1998) 및 비단잉어(Kim and Lee, 2010)는 1일 4회, 틸라피아(Riche et al., 2004), snout bream (Tian et al., 2015) 및 대구(Choi et al., 2011)는 1일 3회, 차넬메기(Andrew and Page, 1975) 및 산천어(Seong and Kim, 2008)는 1일 2회, 조피볼락(Lee et al., 2000b)은 1일 1회, estuary grouper는 2일 1회(Chua and Teng, 1978)가 적합하다고 보고되었다. 본 연구에서 1일 1회보다 1일 2회 공급구에서 성장이 좋았으나, 1일 3회 이상 공급구들에서는 성장이 더 이상 개선되지 않았다. 타 어종에서도 이와 유사한 경향은 보였는데, 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*), 뽕바리(*Epinephelus akaara*) 및 넙치를 대상으로 한 실험에서 적정 사료 공급 횟수 이상에서 성장률이 더 개선되지 않았다고 보고되었다(Grayton and Beamish, 1977; Kayano et al., 1993; Kim et al., 2009). 반면에, 넙치와 조피볼락 치어를 대상으로 한 실험에서는 일정 사료 공급 횟수 이상에서는 성장률이 감소하는 경향을 보였다(Lee et al., 1999; Lee et al., 2000b; Lee et al., 2013). 이는 사료 공급 횟수의 증가로 사료 섭취량이 증가하여도 과잉으로 섭취된 사료가 체내 소화관을 통과하는 시간이 단축되어 소화율이 낮아진 것 때문으로 분석된다(Biswas et al., 2010; Mizanur and Bai, 2014; Oh and Park, 2016). 어종과 어류의 크기에 따라 적정 사료 섭취 횟수나 섭취량이 달라질 수 있는데, 본 연구에서의 일간사료섭취율은 사료 공급 횟수가 증가함에 따라 1일 3회 공급구까지는 증가하였으나, 1일 3회 이상에서는 더 이상 증가하지 않았다. 이러한 결과로부터, 쏘가리는 사료 공급 횟수가 일정 수준 이상을 초과하면 더 이상 먹이 섭취량이 증가되지 않음을 알 수 있다. 무지개송어, red-spotted grouper, 조피볼락 및 넙치를 대상으로 한 연구에서도 적정 사료 공급 횟수 이상에서는 성장 및 사료 섭취율이 더 이상 증가하지 않는 것으로 보고되어(Grayton and Beamish, 1977; Kayano et al., 1993; Lee et al., 2000b; Kim et al., 2005), 본 연구결과와 일치하였다. 이처럼 사료 공급 횟수에 의한 사료 섭취량이나 성장이 다르게 나타나는 것은 어류의 식성에 따른 장의 크기와 길이, 사료의 종류나 물성, 사육 환경 등에 따라 결과가 다양하게 나타나는 것으로 생각된다(NRC, 1993; Lee et al., 2000b).

본 연구 결과에서 사료효율은 1일 2회까지는 유의하게 증가하였지만, 1일 3회부터는 유의하게 감소하는 결과를 보였다. 이전의 Mizanur and Bai (2014)와 Oh and Park (2016) 연구에서도 1일 3회 이상의 사료 공급 횟수에서 사료효율이 유의하게 감소하는 결과를 보여 본 실험 결과와 유사하였다. 이는 사료 공급 횟수가 어류의 장내 소화 또는 흡수와 밀접한 관계가 있는 것으로 보이며(Kim et al., 2009), 과잉의 사료 공급은 소화율을 감소시킨다고 보고된 바 있다(Henken et al., 1985). 사료를 공급하는 시간 간격이 짧아지면, 사료가 소화관 내를 더 빠르게 통

과하여 소화율에 영향을 미친다. 또한, 매일 장시간 걸쳐 반복된 먹이 섭취 행위로 어류의 유영 활동을 증가시켜, 에너지 낭비로 인해 성장이 낮아 질 수 있다고 보고된 바 있다(Johansen and Jobling, 1998). 그러나 돌돔(Oh and Maran, 2014)과 rohu (Biswas et al., 2006)의 경우 사료 공급 횟수가 사료효율에 영향을 미치지 않는 것으로 나타나, 어종 및 실험 환경에 따라 달라지는 것으로 나타났다. 사료 공급 횟수의 증가는 쏘가리 치어의 혈장 정상 변화 중 total cholesterol 농도에 영향을 미쳤으며, 사료 섭취율이 증가함에 따라 어체의 혈액내 콜레스테롤 함량이 증가한다는 다른 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다(Shimeno et al., 1997; Oh and Park, 2016).

본 연구 결과에서 사료 공급 횟수에 따라 쏘가리 치어의 사료 섭취량이 달라졌으며, 체중과 사료효율에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 쏘가리의 성장 및 사료이용성을 고려하면 반복으로 사료를 치어에게 공급할 경우 하루 2회가 적당할 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원에서 지원하는 수산실용화기술개발사업(쏘가리 배합사료 및 순치기술 개발)과 2020년도 강릉원주대학교 전임교원 연구년 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Andrew JW and Page JW. 1975. The effects of frequency of feeding on culture of catfish. *Trans Am Fish Soc* 104, 317-321.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. *Official Methods of Analysis*, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, U.S.A.
- Biswas G, Jena JK, Singh SK, Patmajhi P and Muduli HK. 2006. Effect of feeding frequency on growth, survival and feed utilization in mrigal, *Cirrhinus mrigala*, and rohu, *Labeo rohita*, during nursery rearing. *Aquaculture* 254, 211-218. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.08.001>.
- Biswas G, Thirunavukkarasu AR, Sundaray JK and Kaliasam M. 2010. Optimization of feeding frequency of Asian seabass *Lates calcarifer* fry reared in net cages under brackishwater environment. *Aquaculture* 305, 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.04.002>.
- Booth MA, Tucker BJ, Allan GL and Fielder DS. 2008. Effect of feeding regime and fish size on weight gain, feed intake and gastric evacuation in juvenile Australian snapper *Pagrus auratus*. *Aquaculture* 282, 104-110. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.027>.
- Choi YU, Park HS and OH SY. 2011. Effects of stocking density and feeding frequency on the growth of the pacific cod, *Gadus macrocephalus*. *Korean J Fish Aquat Sci* 44, 58-63.

- <https://doi.org/10.5657/kfas.2011.44.1.058>.
- Chua TE and Teng SK. 1978. Effects of feeding frequency on the growth of young estuary grouper, *Epinephelus tauvina* (Forsk.) culture in floating net-cages. *Aquaculture* 14, 31-47. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(78\)90138-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(78)90138-2).
- Company R, Caldach-Giner JA, Kaushik S and Perez-Sanchez J. 1999. Growth performance and adiposity in gilthead sea bream (*Sparus aurata*): risks and benefits of high energy diets. *Aquaculture* 171, 279-292. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00495-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00495-5).
- Duncan DB. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- Grayton BD and Beamish FWH. 1977. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Aquaculture* 11, 159-172. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(77\)90073-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(77)90073-4).
- Henken AM, Kleingeld DW and Tijssen PAT. 1985. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture* 51, 1-11. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(85\)90235-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(85)90235-2).
- Johansen SJS and Jobling M. 1998. The influence of feeding regime on growth and slaughter trails of cage-reared Atlantic salmon. *Aquacult Int* 6, 1-17.
- Kayano Y, Yao S, Yamamoto S and Nakagawa H. 1993. Effects of feeding frequency on the growth and body constituents of young red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*. *Aquaculture* 110, 271-278. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90375-9](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90375-9).
- Kim KD, Nam MM, Kim KW, Lee HY, Hur SB, Kang YJ and Son MH. 2009. Effects of feeding frequency on growth and body composition of sub-adult flounder *Paralichthys olivaceus* in suboptimal water temperature. *Korean J Fish Aquat Sci* 42, 262-267. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2009.42.3.262>.
- Kim KM, Kim KD, Choi SM, Kim KW and Kang YJ. 2005. Optimum feeding frequency of extruded pellet for the growth of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus* during the summer season. *J Aquaculture* 18, 231-235.
- Kim YO. 2015. The study aquaculture of *Siniperca scherzeri*. The research report of Chungcheongbuk-do Inland Fisheries Research Institute, Munhwa Publishing Co., Chungju, Korea, 7-15.
- Kim YO and Lee SM. 2010. Effects of feeding frequency and satiation rate on the growth and body composition of Red- and White-colored carp, *Cyprinus carpio* var. koi. *Korean J Fish Aquat Sci* 43, 320-324. <https://doi.org/10.5657/kfas.2010.43.4.320>.
- Kim YO and Lee SM. 2016. Effect of water temperature on growth and body composition of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri*. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 607-611. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0607>.
- Kim YO and Lee SM. 2017. Growth and body composition of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* reared at high water temperature. *Korean J Fish Aquat Sci* 50, 756-761. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0756>.
- Lee JH, Lee BJ, Kim KW, Han HS, Park GH, Lee JH, Yun HH and Bai SC. 2013. Optimal feeding frequency for juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli* fed commercial diet at two different water temperatures. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 761-768. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0761>.
- Lee SM, Cho SH and Kim DJ. 2000a. Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture* 31, 917-921. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2000.00505.x>.
- Lee SM, Hwang UG and Cho SH. 2000b. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Aquaculture* 187, 399-409. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00318-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00318-5).
- Lee SM, Seo CH and Cho YS. 1999. Growth of the juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed the diets at different feeding frequencies. *Korean J Fish Aquat Sci* 32, 18-21.
- Lee SM and Kim YO. 2017. Effect of stocking density on the growth and body composition of the mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. *Korean J Fish Aquat Sci* 50, 762-769. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0762>.
- Mizanur RM and Bai SC. 2014. The optimum feeding frequency in growing Korean rockfish *Sebastes schlegeli* rearing at the temperature of 15°C and 19°C. *Asian-Australas J Anim Sci* 27, 1319-1327. <https://doi.org/10.5713/ajas.2014.14193>.
- National Research Council (NRC), 1993. Nutrient Requirements Fishes. National Academy Press, Washington DC, U.S.A., 114.
- Ng WK, Lu KS, Hashim R and Ali A. 2000. Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. *Aquacult Int* 8, 19-29.
- Oh SY and Maran BAV. 2014. Feeding frequency influences growth, feed consumption and body composition of juvenile rock bream *Oplegnathus fasciatus*. *Aquacult Int* 23, 175-184.
- Oh SY and Park JW. 2016. Feeding frequency influences the growth, food consumption, body composition and hematological response of the Korean rockfish, *Sebastes schlegelii*. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 600-606. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0600>.
- Riche M, Haley DI, Oetker M, Garbrecht S and Garling DL. 2004. Effects of feeding frequency on gastric evacuation and the return of appetite in tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 234, 657-673. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.012>.
- Ruohonen KJ, Vielman J and Grove DJ. 1998. Effects of feeding frequency on growth and food utilization of rainbow trout

- Oncorhynchus mykiss* fed low-fat herring or dry pellets. *Aquaculture* 165, 111-121. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00235-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00235-X).
- Sankian Z, Khosravi S, Kim YO and Lee SM. 2017. Effect of dietary protein and lipid level on growth, feed utilization and muscle composition in golden mandarin fish *Siniperca scherzeri*. *Fish Aqu Sci* 20, 7. <https://doi.org/10.1186/s41240-017-0053-0>.
- Seong KB and Kim DH. 2008. Effects of feeding frequency on the optimum growth of cherry salmon, *Oncorhynchus masou*. *Korean J Fish Aquat Sci* 41, 343-345. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2008.41.5.343>.
- Shimeno S, Shikata T, Hosokawa H, Masumoto T and Kheyyali D. 1997. Metabolic responses to feeding rates in common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture* 151, 371-377. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01492-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01492-5).
- Silva CR, Gomes LC and Brandao FR. 2007. Effect of feeding rate and frequency on tambaqui *Colossoma macropomum* growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture* 264, 135-139. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.007>.
- Su SQ, Zhang HQ, He ZY and Zhang ZX. 2005. A comparative study of the nutrients and amino acid composition of the muscle of *Siniperca chuatsi* and *Siniperca scherzeri*. *J Southwest Agric Univ* 27, 898-901.
- Tian HY, Zhang DD, Li XF, Zhang CN, Qian Y and Liu WB. 2015. Optimum feeding frequency of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture* 437, 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.032>.
- Wang N, Hayward RS and Noltie DB. 1998. Effects of feeding frequency on food consumption, growth size variation and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. *Aquaculture* 165, 261-267. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00266-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00266-X).
- Xie F, Ai Q, Mai K, Xu W and Ma H. 2011. The optimal feeding frequency of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*, Richardson) larvae. *Aquaculture* 311, 162-167. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.12.005>.
- Zhang L, Wang YJ, Hu MH, Fan QX, Cheung SG, Shin PKS, Li H and Cao L. 2009. Effect of the timing of initial feeding on growth and survival of spotted mandarin fish *Siniperca scherzeri* larvae. *J Fish Biol* 75, 1158-1172. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02328.x>.
- Zhou CW, Yang Q and Cai DL. 1988. On the classification and distribution of the Sinipercinae fishes (Family Serranidae). *Zool Res* 9, 113-126.