

사료 공급횟수가 어린 강도다리(*Platichthys stellatus*)의 성장에 미치는 영향

김희성 · 최진 · 임현정 · 정민환¹ · 이채성 · 변순규*

국립수산과학원 동해수산연구소, ¹국립수산과학원 제주수산연구소

Effect of Feeding Frequency on the Growth of Juvenile Starry Flounder *Platichthys stellatus*

Hee Sung Kim, Jin Choi, Hyun Jeong Lim, Min Hwan Jeong¹, Chae Sung Lee and Soon-Gyu Byun*

Aquaculture Industry Research Division, East Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Gangneung 25435, Korea

¹Jeju Fisheries Research Institute, Jeju 63068, Korea

Effects of feeding frequency on the growth performance of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus* were investigated. One thousand fifty fishes were distributed into 15 of 500-L flow-through tanks. Triplicate groups of were fed experimental diet with five feeding frequency (one meal every two days, one meal a day, two meals a day, three meals a day and four meals a day) for 9 weeks. Weight gain and specific growth rate (SGR) of fish fed two meals a day were higher than those of fish fed one meal 2 days and one meal a day, but not different from those of fish fed three meals a day and four meals a day. Feed consumption of fish fed two meals a day was not different from that of fish fed three meals a day and four meals a day. Feed efficiency (FE) and protein efficiency ratio (PER) of fish fed two meals a day were higher than those of fish fed all other diets, except for three meals a day. These results suggest that the optimal feeding frequency is two meals a day for the optimum growth performance of juvenile starry flounder under the experimental conditions.

Key words: Starry flounder, *Platichthys stellatus*, Feeding frequency, Growth, Feed utilization

서론

강도다리(*Platichthys stellatus*)는 국내에서 2004년 대량 인공 종묘생산이 성공함으로써 양식이 시작되었으며, 강한 염분 내성과 질병 저항성 및 높은 수효로 인해 최근 해산 양식 대상 어종으로 많은 관심이 기울어지고 있는 실정이다. 이에 따라 강도다리의 양식 산업화를 위한 많은 연구가 이루어진바 있으며, 그 예로는 강도다리용 배합사료내 단백질 요구량(Lee et al., 2006), 지질 요구량(Ding et al., 2010), 탄수화물 요구량(Lee and Lee, 2004), 몇 종류의 비타민과 미네랄 요구량(Cui et al., 2011; Shuai et al., 2011) 및 적정 단백질에 대한 지질비(Wang et al., 2017) 등에 대한 다양한 연구가 보고된 바 있다.

사료 비용은 어류 양식 경영에 있어서 중요한 부분을 차지하

고 있으며, 양식 대상 어종의 효율적인 관리와 생산성 향상을 위해서는 영양학적 요구량에 대한 연구도 중요하지만, 영양학적 균형이 잘 잡힌 사료의 공급 전략 또한 생산성 효율을 향상 시키는데 필수적이다. 양식 어류에게 적정 사료 공급 횟수를 통한 사료의 공급은 보다 효율적인 소화 및 흡수가 이루어진다는 많은 연구가 보고된 바 있으며, 적정 사료 공급 횟수는 양식 대상 종, 크기, 수질, 사료 조성 및 양식 시스템에 따라 다양한 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2000a, b; Cho et al., 2003; Biswas et al., 2006).

일반적으로 어린 개체일수록 많은 횟수의 사료 공급은 성장과 생존율을 향상시킨다(Biwas et al., 2006)는 연구가 보고된 바 있지만, 과잉의 사료 공급은 사료효율 감소와 사료비용 증가 뿐만 아니라 사료 유실로 인한 수질 오염을 야기시킨다(Lee et

*Corresponding author: Tel: +82. 33. 660. 8541 Fax: +82. 33. 661. 8514

E-mail address: sgbyun@korea.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.2019.0087>

Korean J Fish Aquat Sci 52(1), 87-91, February 2019

Received 12 November 2018; Revised 18 December 2018; Accepted 7 January 2019

저자 직위: 김희성(박사후 인턴연구원), 최진(해양수산연구원), 임현정(양식 산업과장), 정민환(해양수산연구원), 이채성(소장), 변순규(해양수산연구원)

al., 2000a; Tucker et al., 2006). 그러나 사료의 공급이 부족하게 되면 생산성(생존율 및 성장)을 저하시키고, 개체 크기의 이질성(size heterogeneity) 및 공식이 증가시킬 수 있다(Dwyer et al., 2002; Booth et al., 2008). 또한 사료 공급체계는 양식장의 환경이나 양어가들에 따라 달라질 가능성이 높기 때문에 어류의 최대 성장과 사료효율을 도출 할 수 있는 적정 사료의 공급 횟수를 결정하는 것은 양식 생산량의 향상과 수질오염의 감소를 위해 매우 중요하다.

강도다리 치어에 대한 배합사료의 적정 공급횟수에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 강도다리 치어의 적정 배합사료 공급횟수를 구명하기 위하여 사료 공급횟수에 따른 강도다리 치어의 성장에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

실험어 및 사육 조건

실험에서 사용된 강도다리 치어는 경북 울진에 위치한 개인 양어장에서 구입하여 사육실험 환경에 적응시키기 위하여 2주간 예비 사육하였다. 강도다리 치어[시작시 마리당 평균 무게 (Mean±SE, 10.0±0.04 g)] 70마리씩을 15개의 500 L 원형 수조(수량, 300 L)에 각각 수용하였다. 사육기간 동안의 수온은 14.8±1.3℃, 염분은 33.2±0.4 psu였으며 광주기는 자연광 주기를 따랐다.

실험사료 및 실험설계

실험사료는 해산어용 시판 배합사료(천하제일사료; 수분 6.5%, 조단백질 52.1%, 조지질 11.0%, 조회분 14.8%)를 사용하였다. 사료공급은 2일 1회(09:00), 1일 1회(09:00), 1일 2회(09:00, 18:00), 1일 3회(09:00, 13:00, 18:00) 및 1일 4회(09:00, 12:00, 15:00, 18:00)로 총 5개의 실험구를 설정하였다. 모든 실험어는 1주일에서 7일간 매일 손으로 만복시까지 사료를 공급하여 주었으며, 총 9주간 사육 실험을 진행하였다.

어체측정

어체측정은 측정 전일 24시간 절식시킨 후, MS-222 (100

ppm)로 마취시켜 각 수조에 수용된 실험어 전체의 무게를 측정하였으며, 사육실험 종료 후, 생존율, 어체중증가, 일일성장률, 사료섭취량, 사료효율 및 단백질전환효율을 조사하였다.

통계 분석

One-way ANOVA와 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로서 SPSS program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 실험구간의 유의성을 검정하였다.

결 과

사료 공급횟수를 달리하여 강도다리 치어를 9주간 사육시 생존율(%), 어체중 증가(g/fish) 및 일일성장율(SGR)을 Table 1에 나타내었다. 강도다리의 생존율은 모든 실험구에서 유의차가 나타나지 않았다($P>0.05$). 사육실험 종료시 마리당 무게, 어체중 증가 및 일일성장율은 1일 2회 공급구가 2일 1회 사료 공급구와 1일 1회 공급구보다 유의적으로 높게 나타났으나 ($P<0.05$), 1일 3회 공급구 및 1일 4회 공급구와는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

9주간의 사육실험 종료시 강도다리의 사료섭취량(g/fish), 사료효율 및 단백질전환효율은 Table 2에 나타내었다. 사료섭취량은 1일 2회 공급구가 2일 1회 공급구와 1일 1회 공급구보다 유의적으로 높았으나($P<0.05$), 1일 3회 공급구와 1일 4회 공급구와 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 그러나 사료효율과 단백질전환효율은 1일 2회 공급구가 1일 3회 공급구를 제외한 나머지 모든 공급구보다 유의적으로 높게 나타났($P<0.05$).

고 찰

본 연구에서 사료 공급횟수는 강도다리의 성장 및 사료효율에 유의한 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 yellowtail flounder *Limanda ferruginea*, Asian seabass *Lates calcarifer*, Australian snapper *Pagrus auratus* 및 African catfish *Clarias gariepinus*도 적정 사료 공급횟수가 성장 및 사료효율에 영향을 미친다는 연구결과와 유사하게 나타났으며(Dwyer et al., 2002; Harpaz et al., 2005; Booth et al., 2008; Husein, 2012), 이와 더불어 사료

Table 1. Survival (%), weight gain (g/fish) and SGR of starry flounder *Platichthys stellatus* fed the commercial diet with different feeding frequency for 9 weeks

Experimental diets	Initial weight (g/fish)	Final weight (g/fish)	Survival (%)	Weight gain (g/fish)	SGR ¹ (%/day)
One meal/two days	10.0±0.05 ^a	10.6±0.05 ^b	100.0±0.00 ^a	0.6±0.09 ^b	0.11±0.015 ^b
One meal/day	10.1±0.07 ^a	10.9±0.07 ^b	100.0±0.00 ^a	0.9±0.04 ^b	0.15±0.007 ^b
Two meals/day	10.1±0.08 ^a	19.8±0.45 ^a	100.0±0.00 ^a	9.8±0.52 ^a	1.22±0.054 ^a
Three meals/day	10.1±0.05 ^a	19.9±1.21 ^a	100.0±0.00 ^a	9.8±1.18 ^a	1.21±0.106 ^a
Four meals/day	9.9±0.03 ^a	19.1±0.37 ^a	100.0±0.00 ^a	9.2±0.40 ^a	1.17±0.039 ^a

¹Specific growth rate (SGR, %/day)=(Ln final weight of fish-Ln initial weight of fish)×100/days of feeding trial. Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ($P>0.05$).

Table 2. Feed consumption (g/fish), feed efficiency (FE, %) and protein efficiency ratio (PER) of starry flounder *Platichthys stellatus* fed the commercial diet with different feeding frequency for 9 weeks

Experimental diets	Feed consumption (g/fish)	FE (%) ¹	PER ²
One meal/two days	3.4±0.13 ^b	18.7±2.26 ^c	0.4±0.04 ^c
One meal/day	3.4±0.87 ^b	28.3±6.17 ^c	0.5±0.12 ^c
Two meals/day	8.8±0.22 ^a	111.1±3.15 ^a	2.1±0.06 ^a
Three meals/day	9.8±0.93 ^a	100.0±3.55 ^{ab}	1.9±0.07 ^{ab}
Four meals/day	10.0±0.19 ^a	91.9±2.64 ^b	1.8±0.05 ^b

¹Feed efficiency (FE, %)=Weight gain of fish×100/feed consumed. ²Protein efficiency ratio (PER)=Weight gain of fish/protein consumed. Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different (P>0.05).

공급횟수가 잦을수록 어체중 증가와 사료섭취량 뿐만 아니라 사료 섭취행동(aggression, foraging activity 등)에도 영향을 주는 것으로 보고하였다.

본 실험조건에서 1일 2회 이상 사료를 섭취한 강도다리의 성장이 2일 1회와 1일 1회 사료 공급구보다 우수하였다. 그러나 1일 3회 이상의 사료 공급은 강도다리의 성장 향상에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 1일 2회 공급구의 사료섭취량이 1일 3회 공급구와 1일 4회 공급구보다 비교적 낮았지만, 사료효율은 우수하게 나타났다. 이는 잡종 striped bass (*Morone saxatilis*×*M. chrysops*)에 있어 사료 공급횟수가 많을수록 사료가 소화관에 머무르는 시간이 짧아져 비효율적인 소화가 일어난다는 연구 결과와 유사하였다(Liu and Liao, 1999). 또한 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 경우에도 사료섭취량이 증가함에 따라 사료효율이 증가하지만 일정 수준 이상의 사료섭취량에서는 사료효율이 더 이상 증가하지 않아(Cho et al., 2006; Kim et al., 2009) 본 연구결과와 유사하였다.

본 연구결과에서 1일 1회 공급구와 2일 1회 공급구의 사료섭취량이 1일 2회, 1일 3회 및 1일 4회 공급구에 비하여 큰 차이를 보였다. López-Olmeda et al. (2012)는 부적절한 사료 공급 전략 조건에서의 어류 사육은 스트레스를 유발하여 정상적 사료 섭취행동에 변화를 야기한다고 보고하였으며, Arctic charr *Salvelinus alpinus* 치어와 yellowtail flounder 치어에 있어 사료 공급횟수가 적을수록 사료 섭취행동(foraging activity) 활성에 부정적인 영향을 미쳤으며, 이는 저영양사육(underfeeding)을 야기할 수 있다고 보고하였다(Dwyer et al., 2002; Brännäs et al., 2005). 그러나 이에 대한 명확한 원인 구명 및 검토는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

일반적으로 어류의 최대 성장을 위한 적정 사료 공급횟수는 어류의 크기, 연령, 수온, 사육밀도, 사료내 영양소와 에너지 함량 및 공급량 등을 포함하는 사육조건에 의하여 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Cui et al., 1997; Wang et al., 1998; Company et al., 1999; Lee et al., 2000a, b; Riche et al., 2004; Kim et al., 2005; Cho et al., 2006; Kim et al., 2007; Oh et al., 2013). 이와 더불어 대상 어종의 사료섭취행동 또는 위 용량에 따라 다른 것으로도 알려져 있으며(NRC, 1993), 소화관의 대사율 또

는 사료의 소화관내 통과율(gastric evacuation rate)에 따라 서로 다른 것으로 보고되었다(Grayton and Beamish, 1977; Lee et al., 2000b; Riche et al., 2004; Booth et al., 2008).

본 연구결과와 유사하게 Silver perch *Bidyanus bidyanus* 치어(시작시 평균, 2.0 g)에 있어서 1일 2회 사료 공급구에서 최적의 성장률을 보였고(Rowland et al., 2005), common pandora *Pagellus erythrinus* L. 치어(시작시 평균, 5.1 g)의 경우 1일 1회, 1일 3회 및 1일 4회 공급보다 1일 2회 공급이 우수한 성장과 사료효율을 보였으며(Mihelakakis et al., 2001), yellowtail flounder 치어(시작시 평균, 6.8 g)에 있어서도 1일 2회 사료공급이 어체중 증가와 사료효율을 향상시키는 것으로 보고되었다(Dwyer et al., 2002). 그러나 large yellow croaker *Pseudosciaena corcea* 자어(시작시 평균, 4.1 mg)의 적정 사료 공급횟수는 1일 8회(Xie et al., 2011), blunt snout bream *Megalobrama amblycephala* 치어(시작시 평균, 10.0 g)의 성장과 면역력 향상을 위한 최적의 사료 공급횟수는 1일 4회(Li et al., 2014)였다. 치어기(시작시 평균, 3.7 g), 육성기(시작시 평균, 280 g 이상) 넙치의 적정 사료 공급횟수는 각각 1일 2회와 1일 1회인 것으로 나타났다(Kim et al., 2005; Seo et al., 2005). 이와 같이 적정 사료 공급횟수는 어종뿐만 아니라 어류의 크기에 따라서도 서로 다른 것으로 판단되며, 적정 사료공급 횟수에 따라 사료를 반복으로 공급시 어류의 생산성(생존율과 성장)이 최대로 나타나지만, 사료 공급횟수가 적거나 또는 많으면 생산성에 부정적 영향을 미칠 것으로 판단된다.

상업용 강도다리 치어 배합사료를 1일 2회 공급시 최적의 성장과 사료효율을 보였으나, 경제적이고 친환경적인 강도다리 양식을 위한 사육관리방안 제시를 위해서는 수온 및 어체중 변화 등과 같은 사육환경조건에 따른 배합사료의 공급전략(공급량 및 공급횟수)을 세분화한 연구를 수행하여야 양식현장에서 활용 가능할 것으로 판단된다.

이상의 결과를 고려할 때 강도다리 치어의 최적의 성장과 사료효율을 위한 상업용 배합사료(52% CP)의 적정 사료 공급횟수는 1일 2회 반복 공급 이상일 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2019년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업 통해 특산품종 양식기술 개발(R2019010)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Biswas G, Jena JK, Singh SK, Patmajhi P and Muduli HK. 2006. Effect of feeding frequency on growth, survival and feed utilization in mrigala, *Cirrhinus mrigala*, and rohu, *Labeo rohita*, during nursery rearing. *Aquaculture* 254, 211-218. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.08.001>.
- 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>.
- Brännäs E, Berglund U and Eriksson L. 2005. Time learning and anticipatory activity in groups of Arctic charr. *Ethology* 111, 681-692. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2005.01094.x>.
- Cho SH, Lim YS, Lee JH, Lee JK, Park S and Lee SM. 2003. Effects of feeding rate and feeding frequency on survival, growth, and body composition of ayu post-larvae *Plecoglossus altivelis*. *J World Aquac Soc* 34, 85-91. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00042.x>.
- Cho SH, Lee SM, Park BH and Lee SM. 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.
- Company R, Caldach-Giner JA, Kaushik S and Perez-Sanchez J. 1999. Growth performance and adiposity in gilthead seabream *Sparus auratus*: 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).
- Cui Y, Hung SSO, Deng DF and Yang Y. 1997. Growth performance of juvenile white sturgeon as affected by feeding regimen. *Prog Fish-Cult* 59, 31-35. [https://doi.org/1548-8640\(1997\)059<0031:GPOJWS>2.3.CO;2](https://doi.org/1548-8640(1997)059<0031:GPOJWS>2.3.CO;2).
- Cui LJ, Zhang LM, Wang JY, Ma JJ and Ding LY. 2011. Effects of dietary zinc on growth, blood physiological and biochemical indices and antioxidant ability of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. *Progress in Fisheries Science* 32, 114-121.
- Ding L, Zhang L, Wang J, Ma J, Meng X, Duan P, Sun L and Sun Y. 2010. Effect of dietary lipid level on the growth performance, feed utilization, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. *Aquacult Res* 41, 1470-1478. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02440.x>.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple *F* tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- Dwyer KS, Brown JA, Parrish C and Lall SP. 2002. Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder (*Limanda ferruginea*). *Aquaculture* 213, 279-292. [https://doi.org/10.1016/S00448486\(02\)00224-7](https://doi.org/10.1016/S00448486(02)00224-7).
- Grayton BD and Beamish FHW. 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).
- Harpaz S, Hakim Y, Barki A, Karplus I, Slosman T and Erolodan OT. 2005. Effects of different feeding levels during day and/or night on growth and brush-border enzyme activity in juvenile *Lates calcarifer* reared in freshwater re-circulating tanks. *Aquaculture* 248, 325-335. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.033>.
- Hussein MH. 2012. Effect of various feeding frequencies on growth performance and previously starved fingerlings and juveniles of African catfish *Clarias gariepinus*. *Egypt J Aquat Biol Fish* 16, 145-152. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2012.2132>.
- 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 KD, Kim KM and Kang YJ. 2007. Influences of feeding frequency of extruded pellet and moist pellet on growth and body composition of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in suboptimal water temperatures. *Fish Sci* 73, 745-749. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01392.x>.
- Kim KD, Kang YJ, Lee JY, Kim KW, Lee HM, Jang MS, Choi SM, Nam MM and Lee SM. 2009. Effects of feeding rate on growth and body composition of adult flounder *Paralichthys olivaceus* during the summer season. *J Aquaculture* 22, 1-4.
- 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* Temminck & Schlegel. *Aquacult Res* 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 and Lee JH. 2004. Effect of dietary glucose, dextrin and starch on growth and body composition of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. *Fish Sci* 70, 53-58. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2003.00770.x>.
- Lee SM, Lee JH, Kim KD and Cho SH. 2006. Optimum dietary protein for growth of juvenile starry flounder, *Platichthys stellatus*. *J World Aquac Soc* 37, 200-203. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2006.00100.x>.

- org/10.1111/j.1749-7345.2006.00027.x.
- Li X, Tian H, Zhang D, Jiang G and Liu W. 2014. Feeding frequency affects stress, innate immunity and disease resistance of juvenile blunt snout bream *Megalobrama amblycephala*. *Fish Shellfish Immunol* 38, 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.03.005>.
- Liu F and Liao CI. 1999. Effect of feeding regimen on the food consumption, growth and body composition in hybrid striped bass *Morone saxatilis*×*M. chrysops*. *Fish Sci* 64, 513-519.
- López-Olmeda JF, Noble C and Sánchez-Vázquez FJ. 2012. Does feeding time affect fish welfare?. *Fish Physiol Biochem*, 38, 143-152. <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9523-y>.
- Mihelakakis A, Yoshimatsu T and Tsolkas C. 2001. Effect of feeding frequency on growth, feed efficiency, and body composition in young common pandora. *Aquac Int* 9, 197-204. <https://doi.org/10.1023/A:1014203618871>.
- National Research Council. 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington DC, U.S.A.
- Oh DH, Song JW, Kim MG, Lee BJ, Kim KW, Han HS and Lee KJ. 2013. Effect of food particle size, stocking density and feeding frequency on the growth performance of juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegelii*. *Korean J Fish Aquat Sci* 4, 407-412. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0407>.
- Riche MD, Haley I, Oetker M, Garbrecht S and Garling DL. 2004. Effect of feeding frequency on gastric evacuation and the return of appetite in tilapia *reochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* 234, 657-673. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.012>.
- Rowland S, Allan GL, Mifsud C, Nixon M, Boyd P and Glendenning D. 2005. Development of a feeding strategy for silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell), based on restricted rations. *Aquacult Res* 36, 1429-1441. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01364.x>.
- Seo JY, Choi KH, Choi J and Lee SM. 2005. Effect of feeding frequency of extruded diet containing different macronutrient levels on apparent nutrient digestibility in grower flounder *Paralichthys olivaceus*. *J Aquaculture* 18, 160-166.
- Shuai JX, Zhang LM, Wang JY, Cui LJ, Feng DZ, Jiang JK, Zhang DR and Sun YZ. 2011. Dietary choline requirement for juvenile starry flounder *Platichthys Stellatus*. *Acta Hydrobiologica Sinica* 35, 365-371.
- Tucker BJ, Booth MA, Allan GL, Booth D and Fielder DS. 2006. Effects of photoperiod and feeding frequency on performance of newly weaned Australian snapper *Pagrus auratus*. *Aquaculture* 258, 514-520. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.033>.
- Wang N, Hayward RS and Noltie DB. 1998. Effect 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).
- Wang J, Li B, Ma J, Wang S, Huang B, Sun Y and Zhang L. 2017. Optimum dietary protein to lipid ratio for starry flounder *Platichthys stellatus*. *Aquacult Res* 48, 189-201. <https://doi.org/10.1111/are.12873>.
- Xie F, Ai Q, Mai K, Xu W and Ma H. 2011. The optimal feeding frequency of large yellow croaker *Pseudosciaena corcea*, Richardson larvae. *Aquaculture* 311, 162-167. <https://doi.org/j.aquaculture.2010.12.005>.