

시판용 침강 및 부상 배합사료 공급횟수가 미성어기 강도다리(*Platichthys stellatus*)의 성장, 사료이용성 및 체조성에 미치는 영향

변순규 · 최진 · 임현정 · 정민환¹ · 김경덕² · 김희성^{3*}

국립수산과학원 동해수산연구소, ¹국립수산과학원 제주수산연구소, ²국립수산과학원 양식관리과, ³경상대학교 해양식품생명역학과

Effect of Feeding Frequency of Commercial Floating and Sinking Pellet Diets on the Growth Performance, Feed Utilization and Body Composition of Sub-adult Starry Flounder *Platichthys stellatus*

Soon-Gyu Byun, Jin Choi, Hyun Jeong Lim, Min Hwan Jeong¹, Kyoung-Duck Kim² and Hee Sung Kim^{3*}

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

¹Jeju Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Jeju 63068, Korea

²Aquaculture Management Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

³Department of Marine Seafood and Aquaculture Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

A 2×4 factorial feeding trial was conducted to examine the effect of feed type and feeding frequency on the performance of sub-adult starry flounder *Platichthys stellatus*. Two feed types, sinking pellets (SP) and floating pellets (FP), were given to 480 fish housed in tanks. Triplicate groups of fish were fed each feed type at one of four feeding frequencies (one meal every two days, one meal per day, two meals per day, and three meals per day) for nine weeks. Weight gain (WG) and specific growth rate (SGR) of fish were affected by feeding frequency. However, WG and SGR were the same in fish fed SP at two and three meals per day; similarly, there was no difference in WG or SGR of fish fed FP at one meal, two meals, or three meals per day. Feed utilization of fish was affected by both feed type and feeding frequency. These findings suggest that two meals per day of the SP or one meal per day of FP are sufficient for optimum growth performance of sub-adult starry flounder.

Key words: Starry Flounder, Feeding frequency, Sinking pellet, Floating pellet, Performance

서 론

어류에 있어 사료 섭취는 성장 속도와 사료 이용성에 영향을 미치는 중요한 요소 중 하나이다. 영양적으로 균형 잡힌 사료의 공급은 어류의 생산성을 향상시키고 질병 발생을 감소시키는데 중요하다. 그러나 충분치 못한 사료의 공급은 어류의 성장과 생존율을 감소시키며 반대로 과도한 사료의 공급은 사료의 낭비와 수질 저하를 초래하기 때문에 사료이용성에 악영향을 미칠 수 있다(Biswas et al., 2006). 따라서 적절한 사료 공급 전략은 어류의 생산성 향상을 위해 필수적이다. 일반적으로 양

식대상 어종에 대한 적정 사료 공급횟수를 결정하는데 있어 어류의 크기와 성장 단계(Lee et al., 2000a; Kikuchi et al., 2006), 사료 섭취량과 소화기관내 사료 통과 시간(Booth et al., 2008) 및 환경조건(Biwas et al., 2006; Wang et al., 2009)과 같은 다양한 요인들이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 특히 국내 주요 양식 어종인 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 치어(1.5-4 g) 사육에 있어 적정 상업용 사료 공급량은 1일 3회이며(Lee et al., 1999), 배합사료내 에너지 함량에 따른 넙치 치어(3.5-15 g)의 적정 사료 공급량은 1일 2회 또는 1일 3회인 것으로 보고된바 있다(Lee et al., 2000b). 또한 육성기 넙치(280 g 이상)의 사육

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9154 Fax: +82. 55. 772. 9159

E-mail address: bluesonn@gnu.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.2019.0468>

Korean J Fish Aquat Sci 52(5), 468-473, October 2019

Received 9 September 2019; Revised 4 October 2019; Accepted 10 October 2019

저자 직위: 변순규(연구관), 최진(연구사), 임현정(과장), 정민환(연구사), 김경덕(연구사), 김희성(조교수)

에 있어 적정 사료공급횟수는 1일 1회로 알려진 바 있다(Seo et al., 2005). 강도다리는 최근 한국과 중국에서 새로운 주요 양식 대상 어종으로 여겨져 양식 생산이 활발히 이루어 지고 있으며, 높은 상업적 가치 때문에 양식 생산 규모가 점차 확대되고 있는 실정이다(An et al., 2011). 이에 따라 강도다리의 배합사료내 지방산 요구량(Lee et al., 2003), 적정 단백질과 지질 함량비(Wang et al., 2017), 어분대체 원료 개발(Song et al., 2014) 및 사료첨가제 개발(Park et al., 2016; Schmidt et al., 2017) 등과 같은 연구가 이루어진 바 있다. 그러나 공급률 또는 공급횟수에 관한 연구는 강도다리 치어(10-20 g)에 대한 배합사료(crude protein, CP 50%)의 적정 사료 공급횟수(Kim et al., 2019)가 보고된 바 있으나, 미성어기 강도다리(180 g 내외)의 배합사료의 적정 사료 공급 횟수에 대한 연구는 보고된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 상업용 시판 부상 및 침강 배합사료의 공급 횟수가 미성어기 강도다리의 성장, 사료이용성 및 체조성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험어 및 사육 조건

실험어는 경상북도 울진에 위치한 강도다리 양어장에서 구

입하여 국립수산물연구원 동해수산연구소로 운송하였으며, 2주간 예비사육을 통해 사육실험 환경에 적응시켰다. 마리당 평균 180.5±0.2 g의 강도다리를 24개의 500 L 원형수조(수량, 300 L)에 각각 20마리씩 수용하였다. 사육시험 기간 동안의 평균 사육수온은 18.3±2.9°C, 염분은 32.9±0.4 psu, 용존산소는 7.2±0.1 mg/L였으며, 광주기는 형광등을 이용하여 12 L (light):12 D (dark) 조건으로 유지하였다.

실험사료 및 실험디자인

실험사료는 시중에서 판매하고 있는 양어용 부상 사료(수분 8.0%, 조단백질 48.9%, 조지질 5.8%, 조회분 9.2%)와 침강 사료(수분 7.3%, 조단백질 47.9%, 조지질 6.3%, 조회분 10.3%)를 사용하였다. 실험구는 2일 1회(0.5회/일), 1일 1회(1회/일), 1일 2회(2회/일) 및 1일 3회(3회/일)로 총 4개의 실험구를 설정하여 3반복구를 두었다. 사료 공급 시간은 0.5회/일과 1회/일 공급구는 9:00시, 2회/일 공급구는 9:00와 17:00시 및 3회/일 공급구는 09:00, 13:00 및 17:00시로 설정하였다. 총 사육시험 기간은 9주였으며, 각 설정된 시간에 실험어가 사료를 섭취하지 않을 때까지 반복으로 공급하였다.

어체측정 및 성분분석

사육실험 종료시 어체측정은 측정 전일 24시간 절식한 후,

Table 1. Weight gain (g/fish) and specific growth rate (SGR) of sub-adult starry flounder *Platichthys stellatus* fed the different feed types and feeding frequencies for 9 weeks

Feed type	Feeding frequency	Initial weight (g/fish)	Final weight (g/fish)	Weight gain (g/fish)	SGR ¹ (%/day)
SP ²	One meal/2 days	180.5±0.20	243.4±2.33	62.9±2.12	0.47±0.013
	One meal/day	180.7±0.10	278.8±1.37	98.1±1.42	0.69±0.008
	Two meals/day	180.5±0.17	288.8±2.73	108.3±2.61	0.75±0.014
	Three meals/day	180.5±0.19	295.7±5.33	115.2±5.59	0.78±0.030
FP ³	One meal/2 days	180.1±0.20	231.0±0.90	50.9±1.10	0.40±0.008
	One meal/day	180.3±0.20	276.5±2.06	96.2±2.04	0.68±0.012
	Two meals/day	180.5±0.20	283.2±4.76	102.7±4.80	0.71±0.027
	Three meals/day	180.6±0.20	284.0±0.61	103.4±0.56	0.72±0.003
Two-way ANOVA					
Feed type			P>0.8	P>0.8	P>0.7
SP			276.7±6.24	9.61±6.23	0.67±0.037
FP			268.7±6.71	88.3±6.66	0.63±0.041
Feeding frequency			P<0.0001	P<0.0001	P<0.0001
One meal/2 days			237.2±2.99 ^a	56.9±2.88 ^a	0.43±0.019 ^a
One meal/day			277.6±1.22 ^b	97.1±1.19 ^b	0.68±0.007 ^b
Two meals/day			286.0±2.75 ^c	105.5±2.75 ^c	0.73±0.015 ^c
Three meals/day			289.8±3.61 ^c	109.3±3.64 ^c	0.75±0.020 ^c
Interaction			P>0.4	P>0.4	P>0.2

Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different (P>0.05). ¹SGR (%/day) = (Ln final weight of fish - Ln initial weight of fish) × 100 / days of feeding trial. ²Sinking pellet. ³Floating pellet.

2-phenoxyethanol 용액(150 mg/L)으로 마취시켜 각 수조에 수용된 모든 실험어의 개체별 최종무게를 측정하였다. 측정 후 5 마리의 강도다리를 무작위로 선택하여 성분분석용 시료로 이용하였다. 실험사료와 실험어의 일반성분분석은 AOAC (1990) 표준 분석 방법에 따라 수분은 105°C dry oven에서 24시간 건조 후 측정하였으며, 조단백질은 auto kjeldahl system (Gerhardt VAP500T/TT125, KG, Germany)을 사용하여 분석하였다. 조지질은 조지질추출기(Velp SER 148, Usmate, Italy)를 사용하여 ether로 추출한 후 측정하였으며, 조회분은 550°C 회화로에서 4시간 회화 후 측정하였다.

통계 분석

Two-way ANOVA-test와 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로서 SPSS program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 실험구 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

부상 및 침강사료에 대한 공급횟수를 달리한 9주간 사육시 미성어기 강도다리의 어체중 증가 및 일일성장률을 Table 1에 나타내었다. 사육기간 동안 모든 실험구의 생존율은 100%로 실험

험구간에 유의차가 없었다($P>0.05$). 어체중 증가와 일일성장률은 사료형태(부상 및 침강)에 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나($P>0.05$), 사료 공급횟수에는 유의한 영향을 받은 것으로 나타났으며($P<0.001$), 사료 공급횟수가 늘어날수록 어체중 증가와 일일성장률이 증가되는 것으로 나타났다. 어체중 증가 및 일일성장율은 사료 공급횟수에 있어 침강 사료를 2회/일 공급한 실험구가 0.5회/일 공급구와 1회/일 공급구보다 유의적으로 높게 나타났으나($P<0.05$), 3회/일 공급구와는 유의한 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 부상 사료를 2회/일 공급구는 0.5회/일 공급구보다 유의적으로 높게 나타났지만($P<0.05$), 1회/일 공급구와 3회/일 공급구와는 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 이러한 결과는 사료 형태 또는 사료 공급횟수가 어류의 성장에 영향을 미친다는 많은 연구 결과와 유사하게 나타났다(Ruohonen et al., 1998; Lee et al., 2000a; Dwyer et al., 2002; Riche et al., 2004; Sun et al., 2006; Tucker et al., 2006; Silva et al., 2007; Wang et al., 2007; Booth et al., 2008; Lee and Pham, 2010). Ruohonen et al. (1998)은 1년산 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)의 최대 성장을 위한 적정 사료 공급횟수는 3회/일이며, 사료내 영양소 구성 함량에 따라 적정 공급횟수가 달라지는 것으로 보고하였으며, 육성기 yellowtail

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

Feed type	Feeding frequency	Feed consumption (g/fish)	FE (%) ¹	PER ²
SP ³	One meal/2 days	62.0±2.19	101.5±0.96	2.23±0.021
	One meal/day	94.2±1.02	104.1±0.39	2.29±0.008
	Two meals/day	95.6±1.57	113.4±4.38	2.49±0.031
	Three meals/day	103.1±2.25	111.6±3.05	2.45±0.028
FP ⁴	One meal/2 days	46.9±1.13	108.6±3.84	2.32±0.018
	One meal/day	81.3±0.49	118.4±3.20	2.42±0.065
	Two meals/day	85.6±1.01	119.9±4.46	2.55±0.011
	Three meals/day	87.7±0.85	117.9±1.74	2.51±0.022
Two-way ANOVA				
Feed type		P>0.6	P<0.006	P<0.03
SP		88.7±4.83	107.6±1.89	2.36±0.034
FP		75.4±5.01	116.2±1.99*	2.45±0.031*
Feeding frequency		P<0.0001	P<0.02	P<0.0001
One meal/2 days		54.5±3.54 _a	105.1±2.38 ^a	2.27±0.023 ^a
One meal/day		87.7±2.94 ^b	111.2±3.49 ^{ab}	2.35±0.042 ^a
Two meals/day		90.6±2.40 ^b	116.6±3.15 ^b	2.52±0.021 ^b
Three meals/day		95.4±3.60 ^b	114.7±2.10 ^b	2.48±0.020 ^b
Interaction		P>0.3	P>0.4	P>0.6

Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ($P>0.05$). ¹Feed efficiency (FE, %)=Weight gain of fish×100/feed consumed. ²Protein efficiency ratio (PER)=Weight gain of fish/protein consumed. ³Sinking pellet.

⁴Floating pellet.

flounder *Limanda ferruginea*의 최대 성장을 위한 적정 사료 공급횟수는 2회/일 반복 공급이며(Dwyer et al., 2002), 틸라피아 (*Oreochromis niloticus*)의 생산성 효율 상승을 위한 적정 사료 공급은 4시간 간격으로 공급이 효과적인 것으로 나타났다(Riche et al., 2004). 또한 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 치어에 있어서 어체중 증가와 체조성은 사료내 에너지 함량과 사료 공급횟수에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다(Lee et al., 2000b). 이와 같이 어류의 최대 성장을 위한 적정 사료 공급횟수는 어종, 발달 단계, 환경 조건 및 사료내 영양소와 에너지 함량 등과 같은 다양한 요인에 따라 달라지는 것으로 판단된다.

9주간의 사육실험 종료시 미성어기 강도다리의 사료섭취량, 사료효율(feed efficiency, FE)과 단백질전환효율(protein efficiency ratio, PER)은 Table 2에 나타내었다. 사료섭취량은 사료형태에 따른 유의한 영향을 받지 않는 것으로 나타났지만($P>0.05$), 사료공급횟수가 증가함에 따라 사료섭취량이 증가하는 경향이 나타났다($P<0.05$). 이와 유사하게 넙치 치어에 있어서 사료 형태(부상, 침강 및 생사료)는 일일사료섭취량(daily feed intake)에 영향을 미치지 않았으나, 사료 공급횟수가 늘어남에 따라 증가하는 경향을 보였다(Lee and Pham, 2010). 또한 yellowtail flounder 치어 사육시 사료 공급횟수에 따라 사료 섭취량에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으나(Dwyer et al., 2002), 무지개송어는 사료 공급횟수와 사료 형태 둘 모두에 유

의한 영향을 받는 것으로 나타났다(Ruohonen et al., 1998). 본 연구에서 또한 미성어기 강도다리에 있어 사료효율은 사료 형태($P<0.006$)와 사료 공급횟수($P<0.02$)에 유의한 영향을 받는 것으로 나타났으며, 사료 공급횟수보다 사료 형태에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 침강사료 공급구보다 부상사료 공급구의 사료효율이 유의하게 높게 나타났고, 사료 공급횟수가 2회/일까지는 증가하였으나, 3회 이상/일 공급시 감소하였다. 단백질전환효율은 침강사료를 공급한 실험구보다 부상 사료를 공급한 실험구가 유의적으로 높게 나타났다. 이와 같이 동일한 사료 공급횟수로 사료를 공급시 침강사료보다 부상사료의 공급이 미성어기 강도다리의 사료이용성이 보다 우수하게 나타난 것으로 판단된다. 이와 유사하게 넙치 치어에 있어서 동일한 사료 공급횟수로 부상사료, 생사료 및 침강사료를 공급시 부상 사료에 대한 사료이용성이 우수하다는 결과가 보고된 바 있으며(Lee and Pham, 2010), 이는 부상사료 제조시 압출 성형 후 영양소와 에너지에 대한 소화이용성의 증가 때문으로 보고하였다(Podoskina et al., 1997; Hernot et al., 2008). 그러나 본 연구에서는 시판용 사료를 이용하여 연구를 수행하여 침강 및 부상 사료 제조시 이용된 사료원에 대한 정보를 알지 못하므로 추후 동일한 사료원을 이용한 강도다리 미성어기용 침강 및 부상사료 제조를 통한 공급량 및 공급횟수에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

Table 3. Proximate composition (% wet weight basis) of the whole body of starry flounder *Platichthys stellatus* fed the different feed types and feeding frequencies for 9 weeks

Feed type	Feeding frequency	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Ash
SP ¹	One meal/2 days	73.1±0.48	17.1±0.13	4.1±0.42	3.5±0.11
	One meal/day	71.5±0.27	17.7±0.35	4.2±0.35	3.5±0.12
	Two meals/day	72.6±0.31	17.6±0.20	4.3±0.23	3.2±0.11
	Three meals/day	71.9±0.42	18.1±0.20	4.2±0.09	3.5±0.10
FP ²	One meal/2 days	73.0±0.57	17.3±0.14	4.2±0.15	3.3±0.02
	One meal/day	72.7±0.54	17.9±0.28	4.2±0.03	3.5±0.10
	Two meals/day	72.5±0.15	17.9±0.18	4.1±0.26	3.5±0.15
	Three meals/day	71.3±0.20	18.6±0.31	4.0±0.19	3.7±0.26
Two-way ANOVA					
Feed type		P>0.8	P>0.06	P>0.1	P>0.8
SP		72.3±0.25	17.6±0.15	4.4±0.17	3.4±0.06
FP		72.4±0.26	17.9±0.17	4.1±0.24	3.8±0.08
Feeding frequency		P<0.01	P<0.003	P>0.2	P>0.3
One meal/2 days		73.1±0.33 ^c	17.2±0.10 ^a	4.5±0.38	3.4±0.07
One meal/day		72.1±0.38 ^{ab}	17.8±0.20 ^b	4.0±0.40	3.5±0.07
Two meals/day		72.5±0.16 ^{bc}	17.7±0.14 ^b	4.2±0.16	3.4±0.10
Three meals/day		71.6±0.24 ^a	18.4±0.21 ^c	4.1±0.20	3.6±0.13
Interaction		P>0.1	P>0.8	P>0.5	P>0.3

Values (means of triplicate±SE) in the same column sharing a common superscript are not significantly different ($P>0.05$). ¹Sinking pellet.

²Floating pellet.

9주간 사육실험 종료시 강도다리 전어체의 일반성분 조성은 Table 3에 나타내었다. 전어체의 수분과 조단백질 함량은 사료 형태에는 영향을 받지 않았으나($P>0.05$), 사료 공급횟수에는 유의한 영향을 받는 것으로 나타났다($P<0.05$). 이전의 대다수의 사료공급횟수 연구에서는 사료공급횟수를 늘림에 따라 어체의 조지질 함량이 증가하는 것으로 나타났으나(Lee et al., 2000a, 2000b; Lee and Pham, 2010; Okomoda et al., 2019), 본 연구에서는 전어체의 조지질 함량이 사료공급횟수에 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. Mizanur and Bai (2014) 연구에서는 사료공급횟수를 늘릴수록 성장기 조피볼락 전어체의 조지질 함량이 감소하였으며, 이는 어체 크기별 소화능력과 관련 있다고 보고하였다.

이상의 결과에서 미성어기 강도다리의 성장(어체중 증가와 일일성장률)과 사료이용성(사료효율과 단백질전환효율) 향상을 위해서는 해산어용 시판 침강 사료(CP, 47.9%)는 1일 2회 이상, 부상 사료(CP, 48.9%)는 1일 1회 이상 공급하는 것이 적절한 것으로 판단된다. 그러나 경제적인 강도다리 양식을 위한 사육관리 방안을 제시하기 위해서는 국내 양식장의 사육환경조건에 따른 배합사료 공급량 및 공급횟수를 세분화하여 연구할 필요가 있으며, 특히 양식 현장 적용을 위한 미성어기 강도다리의 배합사료 연구는 장기간(저수온 및 고수온) 사육기간에 따른 공급횟수 차이에 대한 연구가 추후 필요할 것으로 사료된다.

사 사

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

References

- An HS, Byun SG, Kim YC, Lee JW and Myeong JI. 2011. Wild and hatchery populations of Korean starry flounder (*Platichthys stellatus*) compared using microsatellite DNA markers. *Int J Mol Sci* 12, 9189-9202. <https://doi.org/10.3390/ijms12129189>.
- AOAC (Association of Official Analytical chemists). 1990. Official methods of analysis. association of official analytical chemists Inc, 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>.
- 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>.
- 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).
- Hernot DC, Boileau TW, Baufer LL, Sawnsen KS and Fahey GC Jr. 2008. In vitro digestion characteristics of unprocessed and processed whole grains and their components. *J Agric Food Chem* 56, 10721-10726. <https://doi.org/10.1021/jf801944a>.
- Kim HS, Choi J, Lim HJ, Jeong MH, Lee CS and Byun S. 2019. Effect of feeding frequency on the growth of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 87-91. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0087>.
- Kikuchi K, Iwata N, Kawabata T and Yanagawa. 2006. Effect of feeding frequency, water temperature, and stocking density on the growth of tiger puffer, *Takifugu rubripes*. *J World Aquac Soc* 37, 12-20. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00002.x>.
- Lee S and Pham MA. 2010. Effects of feeding frequency and feed type on the growth, feed utilization and body composition of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquacult Res* 41, e166-e171. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02491.x>.
- Lee SM, Seo CH and Cho YS. 1999. Growth of the juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed the diets at different feeding frequencies. *J Kor Fish Soc* 32, 18-21.
- Lee S, Hwang U and Cho SH. 2000a. 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, Cho SH and Kim DJ. 2000b. 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 S, Lee JH and Kim K. 2003. Effect of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Aquaculture* 225, 269-281. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00295-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00295-3).
- 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>.
- Okomoda VT, Aminem W, Hassan A, Martins CO. 2019. Effects of feeding frequency on fry and fingerlings of African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 511, 734232. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734232>.

- Park Y, Moniruzzaman M, Lee S, Hong J, Won S, Lee JM, Yun H, Kim K, Ko D and Bai SC. 2016. Comparison of the effects of dietary single and multi-probiotics on growth, non-specific immune responses and disease resistance in starry flounder, *Platichthys stellatus*. Fish Shellfish Immunol 59, 351-357. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.11.006>.
- Podoskina TA, Podoskin AG and Bekina EN. 1997. Efficiency of utilization of some potato starch modifications by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 152, 235-248. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01515-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01515-3).
- 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>.
- Ruohonen K, Vielma 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).
- Schmidt J, Bischoff A, Weiss M, Kim SK, Frickenhaus S, Slater M and Buck B. 2017. Effect of beta-1-3-glucan and mannan on growth and fitness of Starry flounder (*Platichthys Stellatus*): A potential new candidate for aquaculture in temperate regions. J Fishscicom 11, 17-25.
- Seo J, Choi K, Choi J and Lee S. 2005. Effect of feeding frequency of extruded diet containing different macro-nutrient levels on apparent nutrient digestibility in grower flounder *Paralichthys olivaceus*. J Aquaculture 18, 160-166.
- 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>.
- Song Z, Li H, Wang J, Li P, Sun Y and Zhang L. 2014. Effects of fishmeal replacement with soy protein hydrolysates on growth performance, blood biochemistry, gastrointestinal digestion and muscle composition of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). Aquaculture 426, 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.002>.
- Sun LH, Chen HR, Huang LM and Wang ZD. 2006. Growth, fecal production, nitrogenous excretion and energy budget in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) relative to feed types and ratio level. Aquaculture 259, 211-221. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.05.024>.
- 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, Xu X and Kestemont P. 2009. Effect of temperature and feeding frequency on growth performances, feed efficiency and body composition of pikeperch juvenile (*Sander lucioperca*). Aquaculture 289, 70-73. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.01.002>.
- Wang Y, Kong L, Li K and Bureau DP. 2007. Effects of feeding frequency and ration level on growth, feed utilization and nitrogen waste output of cuneate drum (*Nibea miichthiodes*) reared in net pens. Aquaculture 271, 350-356. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.03.022>.
- 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>.