

고수온(27–33°C)에서 사육한 쏘가리(*Siniperca scherzeri*) 치어의 성장 및 체조성 변화

김이오 · 이상민^{1*}

충청북도내수면산업연구소, ¹강릉원주대학교 해양생물공학과

Growth and Body Composition of Mandarin Fish *Siniperca scherzeri* Reared at High Water Temperatures

Yi-Oh Kim and Sang-Min Lee^{1*}

Chungcheongbuk-do Inland Fisheries Research Institute, Chungju 27329, Korea

¹Department of Marine Biotechnology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

This study investigated the growth of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri*, reared at high water temperatures. Feed-trained juvenile fish were reared at four water temperatures: 27, 29, 31, and 33°C. The fish were fed to apparent satiation twice daily using pelleted diet. After 10 weeks of feeding trial, the survival exceeded 98% in all groups. The weight gain of fish reared at 31°C was higher than for fish reared at the other temperatures. The feed efficiency and protein efficiency ratio of fish reared at 29 and 31°C were higher than for the fish reared at 27 and 33°C. The daily feed intake of fish reared at 27 and 33°C was higher than for the 29 and 31°C groups. The whole body moisture content of fish reared at 33°C was higher than in the 27°C group. The whole body crude protein and lipid contents of fish reared at 27°C were higher than in the 33°C group. The results indicate that suitable rearing water temperature was 31°C for optimal growth and feed efficiency of juvenile mandarin fish under the experimental conditions.

Key words: Mandarin fish, *Siniperca scherzeri*, Water temperature, Growth, Feed utilization

서 론

내수면 어류 중에서 쏘가리(*Siniperca scherzeri*)는 고급어종으로 인식되어 있어 높은 가격으로 판매되고 있음에도 불구하고 소비자들의 인기가 매우 높다. 소비자들의 수요에 대한 부족분은 중국에서 수입되어 충당하고 있는 실정이다. 정부와 지자체에서 자연산 쏘가리의 어업생산량을 증대시키기 위해서 꾸준히 치어방류 사업을 시행하고 있지만 쏘가리의 자연자원 어획량은 큰 변동이 없는 실정이라서 양식기술 개발을 통한 쏘가리 양식 생산량을 증대시킬 필요성이 매우 높다(Kim et al., 1988). 하지만 쏘가리는 배합사료에 의한 순치가 매우 어렵고 살아있는 물고기만을 잡아먹는 식성 때문에 식용어 크기까지의 생산이 매우 어려웠다. 최근에 쏘가리 대량생산을 위한 사업의 일환으로 충청북도내수면산업연구소에서 쏘가리 치어를 대량으로 사료에 순치시킬 수 있는 기술이 개발되면서(Kim, 2015), 이를 바탕으로 쏘가리 양식을 위한 다양한 연구가 수행되고 있다

(Kim and Lee, 2016). 쏘가리 전용 배합사료를 개발하기 위하여 사료내 적정 단백질과 지질 함량에 대한 연구가 수행되었으며(Zohreh et al., 2017), 배합사료 공급을 통한 쏘가리의 사육 기반 연구로 적정 사육수온 및 사료내 어분 이용성에 대한 연구가 수행되었다(Kim and Lee, 2016; Kim and Lee, 2017). 앞으로도 쏘가리의 대량생산을 위한 사육환경, 양식기술 및 배합사료 개발에 대한 다양한 연구들이 지속적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

대상 어류의 사육환경 중에서 수온은 성장에 영향을 미치는 가장 중요한 요소이다(Herzig and Winkler, 1986; Iwata et al., 1994). 수온이 낮아지면 어류의 체내 소화효소 활성 및 대사율 감소로 성장이 저하되며(Fauconneau et al., 1983), 적정 범위 내에서 수온이 상승하면 대사율이 증가하여 성장이 촉진되지만, 적정수온보다 높은 수온에서는 스트레스 증가 및 면역력 감소로 성장을 저하 및 폐사율이 증가된다(Seikai et al., 1986; Fonds, 1979; Maccarthy et al., 1998; Choi et al., 2011). 따라서

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0756>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 50(6) 756-761, December 2017

Received 13 November 2017; Revised 27 November 2017; Accepted 29 November 2017

*Corresponding author: Tel: +82. 33. 640. 2414 Fax: +82. 33. 640. 2955

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

수온변화에 따른 성장 및 사료이용성의 조사는 어류양식을 성공적으로 이끄는 매우 중요한 요인이다.

이전 연구에서 수온 20-29℃에서의 쏘가리 치어에 대한 성장 연구가 수행 되었는데, 수온 26-29℃에서 최적의 성장과 사료 효율을 나타내었다(Kim and Lee, 2016). 그러나 수온 29℃ 보다 높은 수온에서 사육실험이 수행되지 못했기 때문에 고수온에 대한 쏘가리의 성장효과를 규명하여 최대 성장을 위한 최적 수온을 조사할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 27-33℃ 범위의 높은 수온에서 사육한 쏘가리의 성장 효과를 조사하고자 수행 되었다.

재료 및 방법

실험어 및 사육관리

실험어는 충청북도내수면산업연구소에서 배합사료로 순치시킨 쏘가리 치어(2.0 g)를 사용하였다. 사육실험 시작 2주전부터 쏘가리 치어를 각 수조마다 무작위로 25마리씩 수용하여 수온 27℃, 29℃, 31℃ 및 33℃에 적응시켰다. 각 수온별로 2반복으로 원형 FRP 실험수조(200 L) 8개에 실험어를 수용하여 1일 2회 반복으로 실험사료를 8주간 공급하였다. 사육수온은 가온수조(4개)인 원형 FRP 수조(3,000 L)에 자동온도조절기를 각각 설치하여 기름보일러(500,000 kcal)를 이용하여 수온을 조절하였다. 각각의 수온이 조절된 가온조(4개)에서 수중펌프를 설치하여 두 개의 실험수조에 5 L/min의 물이 계속 공급되어 순환되도록 반순환여과 사육시스템으로 사육실험을 실시하였다. 또한, 가온수조에 하천수를 3 L/min 공급하고, 여분의 사육수는 넘쳐 배출되도록 하여 깨끗한 수질을 유지하고자 하였다. 각각의 사육수조에는 충분한 양의 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다.

실험사료

Table 1에 나타난 것처럼, 실험에 사용된 사료는 뱀장어 양성용으로 시판되고 있는 분말사료(80%)와 칠레산 수입 전갱이어분(20%)을 잘 혼합하고, 적당량의 물을 첨가하여 pellet (직경 2 mm) 형태로 제조한 후, -25℃ 냉동고에서 보관하며 실험에 사용하였다.

어체측정 및 성분분석

어체 측정은 사육실험 시작시와 종료시에 측정 전일 절식시킨 후 tricaine methanesulfonate (MS 222, Sigma, St. Louis, MO, USA) 100 ppm 수용액에 마취시켜 실험어의 무게를 측정하였다. 무게 측정 후 어체의 성분분석을 위하여 각 실험수조에서 10마리씩 시료로 취하여 냉동보관(-25℃)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℃의 dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였다. 회분은 600℃ 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정 하였다.

혈액분석

사육수온에 따른 실험어의 혈액성분 변화를 조사하기 위해 각 실험수조마다 쏘가리 5마리씩 무작위로 추출하여 헤파린 주사액이 처리된 1mL 주사기를 사용하여 실험어의 미부 혈관에서 채혈하였다. 채혈한 혈액을 7,500 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 혈장을 동결보존(-70℃)하면서 혈액분석기(DRI-CHEM NX500i, FUJIFILM)를 사용하여 total protein (TP), total cholesterol (TC), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), alkaline phosphatase (ALP), bilirubin 및 albumin을 각각 분석하였다.

통계분석

결과의 통계처리는 SPSS Ver. 20.0K (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955) 로 처리평균 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

10주간의 사육실험 후, 성장 및 사료이용성에 대한 결과들을 Table 2와 3에 각각 나타내었다. 사육실험기간 동안의 생존율은 98% 이상으로 나타났으며, 모든 실험기간에 통계적인 차이는 없었다($P>0.05$). 증중율, 일간성장을 및 사료효율은 수온 31℃까지는 수온이 증가함에 따라 증가하다가 33℃에서는 감소하는 경향을 보였다. 증중율은 수온 31℃ 실험구가 수온 27℃, 29℃ 및 33℃ 실험구보다 유의하게 높았다($P<0.05$). 일간성장은 수온 31℃ 실험구가 수온 27℃ 및 33℃ 실험구보다 유의하게 높았으나, 수온 29℃와는 유의차가 없었다($P>0.05$). 쏘가리 치어의 사료효율 및 단백질효율은 수온 29℃ 및 31℃ 실험구

Table 1. Ingredient and proximate composition of experimental diet

	%
Ingredients	
Commercial diet ¹	80.0
Mackerel fish meal ²	20.0
Chemical analysis (dry matter basis)	
Crude protein	53.9
Crude lipid	7.0
Ash	10.9

¹Commercial bind meal for eel produced in Purinafeed incorporation (Seongnam Korea). ²Imported from Chile containing 68.6% crude protein and 9.5% crude lipid.

가 수온 27℃ 및 33℃ 실험구보다 유의하게 높았다($P<0.05$). 일일사료섭취율 및 일일단백질섭취율은 수온 27℃ 및 33℃ 실험구가 수온 29℃ 및 31℃ 실험구보다 유의하게 높았다($P<0.05$).

사육수온은 어류의 성장, 생존 및 생리대사에 가장 큰 영향을 미치는 외부 환경요인으로 알려져 있으며(Brett and Groves, 1979; Jobling, 1997; Johnston, 2006), 사료섭취에도 직접적인 영향을 미쳐 사료이용성에 영향을 주는 중요한 요소이다(Yamamoto et al., 2007; Borgevik et al., 2010). 대상어류에 적합한 수온에서는 사료섭취, 소화 및 영양소이용성이 향상되지만(Borgevik et al., 2010), 적합한 수온 이하에서는 사료 섭취 및 성장의 감소되고(Bendiksen et al., 2002), 효소활성 및 삼투압 조절 능력이 저하된다(Mcormick et al., 1996). 반면에 너무 높은 수온에서 사육되는 어류는 대사장애 및 먹이섭취 감소 등의 부작용이 초래된다(Sun and Chen, 2009; Bermudes et al.,

2010). 본 연구에서 설정된 수온 범위(27-33℃)내에서 수온이 증가함에 따라 수온 31℃까지는 쏘가리의 성장과 사료효율이 증가하였으나, 수온 33℃에서는 성장과 사료효율이 감소하는 결과를 나타내어 한계수온 이상에서는 오히려 성장 및 사료효율이 감소하는 것으로 보고한 기존의 다른 연구결과들과 유사한 경향을 나타내었다(Imad et al., 2008; Sun et al., 2006; Zhao et al., 2009).

다른 양식어류를 대상으로 수온별로 사육실험 한 결과들을 살펴보면, *Cobia Rachycentron canadum*를 대상으로한 실험에서 수온 23-33℃에서 수온이 증가함에 따라 성장이 증가하였고, 수온 35℃에서는 오히려 유의하게 성장이 감소하였다고 보고하였다(Sun and Chen, 2009). Nile tilapia *Oreochromis niloticus*와 Catfish *Lophiosilurus alexandri*의 경우도 사육 수온이 증가함에 따라 성장이 증가하다가 34℃와 32℃에서는 성장이

Table 2. Growth performance of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri* reared at different water temperatures for 10 weeks¹

Water temperature (°C)	Initial mean body weight (g)	Survival (%)	Final mean weight (g)	Weight gain (%) ²	SGR (%/day) ³
27	2.0±0.01	98.0±2.0 ^{ns}	12.7±0.60 ^a	533.2±29.3 ^a	2.6±0.07 ^a
29	2.0±0.10	98.0±2.0	17.1±0.30 ^b	754.6±56.5 ^b	3.1±0.10 ^{bc}
31	2.1±0.05	100.0±0.0	20.5±0.05 ^c	901.7±22.9 ^c	3.3±0.03 ^c
33	2.0±0.10	100.0±0.0	16.6±0.40 ^b	733.2±10.2 ^b	3.0±0.02 ^b

¹Values (mean±SE of replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$). ²(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. ^{ns}Not significant ($P>0.05$).

Table 3. Feed efficiency, daily feed intake (DFI), daily protein intake (DPI) and protein efficiency ratio (PER) of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri* reared at different water temperatures for 10 weeks¹

Water temperature (°C)	Feed efficiency (%) ²	DFI (%) ³	DPI (%) ⁴	PER (%) ⁵
27	65.7±1.35 ^a	3.1±0.11 ^b	1.7±0.06 ^b	1.5±0.05 ^a
29	87.4±2.15 ^c	2.6±0.01 ^a	1.4±0.01 ^a	1.8±0.03 ^b
31	92.6±5.45 ^c	2.5±0.09 ^a	1.4±0.05 ^a	1.9±0.08 ^b
33	75.3±1.35 ^b	3.0±0.06 ^b	1.6±0.04 ^b	1.6±0.03 ^a

¹Values (mean±SE of replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$). ²Fish wet weight gain×100/feed intake (dry matter). ³Daily feed intake=feed intake×100/[(initial fish wt+final fish wt+dead fish wt)×days reared/2].

⁴Daily protein intake=protein intake×100/[(initial fish wt+final fish wt + dead fish wt)×days reared/2]. ⁵Protein efficiency ratio=wet weight gain/protein intake.

Table 4. Whole body proximate composition (%) of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri* reared at different water temperatures for 10 weeks¹

Water temperature (°C)	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
27	72.3±1.15 ^a	18.5±0.76 ^b	4.8±0.40 ^b	4.9±0.08 ^{ns}
29	73.2±0.01 ^{ab}	17.5±0.02 ^{ab}	4.1±0.06 ^{ab}	5.0±0.15
31	74.5±1.42 ^{ab}	17.6±0.77 ^{ab}	3.9±0.44 ^{ab}	4.4±0.18
33	76.2±0.41 ^b	16.0±0.27 ^a	3.4±0.08 ^a	4.4±0.25

¹Values (mean±SE of replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ($P<0.05$). ^{ns}Not significant ($P>0.05$).

Table 5. Plasma chemical composition of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri* reared at different water temperatures for 10 weeks¹

	Water temperature (°C)			
	27	29	31	33
Total protein (g/dl)	4.8±0.20 ^{ns}	4.3±0.15	4.6±0.05	4.5±0.20
Total cholesterol (mg/dl)	428.0±4.0 ^{ns}	372.5±3.5	428.5±5.5	426.0±20.0
GOT (U/L)	91.0±11.0 ^{ns}	91.5±19.5	125.5±16.5	131.5±33.5
GPT (U/L)	5.5±0.5 ^{ns}	6.0±0.1	6.0±0.1	7.0±0.1
ALP (U/L)	505.5±13.5 ^{ns}	392.0±59.0	407.0±8.0	374.5±22.5
Bilirubin (mg/dl)	0.1±0.01 ^{ns}	0.15±0.05	0.15±0.05	0.25±0.15
Albumin (g/dl)	0.70±0.01 ^{ns}	0.65±0.05	0.65±0.05	0.70±0.01

¹Values are mean±SE of replication group. ^{ns}Not significant (P>0.05).

감소되었다(Azaza et al., 2008; Costa et al., 2016). 또한, 중국 산 쏘가리 *Siniperca chuatsi*의 수온실험에서도 수온 10-30℃에서 수온이 증가함에 따라 성장이 증가하다가 수온 35℃에서는 성장이 감소하였다고 보고하여 본 연구 결과와 같은 경향을 나타내었다(Liu et al., 1998). 본 연구의 쏘가리 치어를 대상으로 한 최적 사육수온은 31℃가 적합한 것으로 판단된다.

사육실험 종료 후 쏘가리의 전어체 일반성분 분석결과를 Table 4에 나타내었다. 전어체의 수분은 수온 33℃ 실험구가 수온 27℃ 실험구보다 유의하게 높았으나, 수온 29℃ 및 31℃ 실험구와는 유의차가 없었다(P>0.05). 단백질 및 지질은 수온 27℃ 실험구가 수온 33℃ 실험구보다 유의하게 높았으나, 수온 29℃ 및 31℃ 실험구와는 유의차가 없었다(P>0.05). 회분함량은 본 연구에서 설정된 사육수온의 모든 실험구간에서 유의차는 없었다(P>0.05).

사육수온에 따른 체조성의 변화는 어종마다 다르게 나타나므로 대상어종마다 수온변화에 대한 영향을 각각 평가할 필요가 있는 것으로 알려져 있다(Cui and Wootton, 1988). Asian catfish *Clarias batrachus*와 Sea bass *Sparus aurata*를 대상으로 한 수온별 실험에서 전어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분 함량에 유의차가 나타내지 않았다(Couto et al., 2008; Singh et al., 2009). 반면에 본 실험에서와 같이 사육수온이 증가함에 따라 전어체의 수분함량은 유의하게 증가하고, 단백질과 지질함량이 감소하는 결과를 나타낸 실험 결과들도 있다(Tidwell et al., 2003; Lihua and Chen, 2014). Kim and Lee (2016)가 쏘가리를 대상으로 수온 20-29℃ 구간에서 사육한 경우에는 수온에 따른 전어체의 일반성분에 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 본 실험구간인 수온 27-33℃구간에서는 수온에 따라 전어체의 일반성분이 유의한 차이를 보였다. 이는 사육수온 범위에 따라 반응하는 대사생리의 차이로 보이며, 차후 상세한 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 판단된다.

사육실험 후, 실험어의 미부동맥에서 채혈한 혈액의 화학성분 변화를 Table 5에 나타내었다. Total protein, total cholesterol, GOT, GPT, ALP, bilirubin 및 albumin 함량은 모든 실험구간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이상의 결과로부터, 쏘가리 치

어의 최적성장 및 사료효율을 위한 적정 사육수온은 31℃인 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원에서 지원하는 수산실용화기술개발사업(쏘가리 배합사료 및 순치기술 개발)에 의해 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

References

- Azaza MS, Dhraef MN and Kraiem MM. 2008. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared in geothemal waters in southern Tunisia. J Thermal Biol 33, 98-105. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2007.05.007>.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, U.S.A. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(95\)90022-5](https://doi.org/10.1016/0924-2244(95)90022-5).
- Bendiksen EA, Jobling M and Arnesen AM. 2002. Feed intake of Atlantic salmon parr *Salmo salar* L in relation to temperature and feed composition. Aquacult Res 33, 525-532. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00737.x>.
- Bermudes M, Glencross B, Austen K and Hawkins W. 2010. The effects of temperature and size on the growth energy budget and waste outputs of barramundi (*Lates calcarifer*). Aquaculture 306, 160-166. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.05.031>.
- Bogevik AS, Henderson RJ, Mundheim H, Waagbo R, Tocher DR and Olsen RE. 2010. The influence of temperature on the apparent lipid digestibility in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed *Calanus finmarchicus* oil at two dietary levels. Aquaculture 309, 143-151. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.08.016>.
- Brett JR and Groves TDD. 1979. Physiological energetics. Fish Physiol 8, 279-352. [https://doi.org/10.1016/s1546-5098\(08\)60029-1](https://doi.org/10.1016/s1546-5098(08)60029-1).

- Choi YU, Park HS and Oh SY. 2011. Effects of stocking density and feeding frequency on the growth of the pacific cod *Gadus microcephalus*. Kor J Fish Aquat Sci 44, 58-63. <https://doi.org/10.5657/kfas.2011.44.1.058>.
- Costa DP, Leme F, Takata R, Costa DC, Silva WS, Filho RM, Alves GM and Luz RK. 2016. Effects of temperature on growth survival and physiological parameters in juveniles of *Lophiosilurus alexandri* a carnivorous neotropical catfish. Aquaculture 47, 1706-1715. <https://doi.org/10.1111/are.12594>.
- Couto A, Enes P, Peres H and Oliva-Teles A. 2008. Effect of water temperature and dietary starch on growth and metabolic utilization of diets in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juvenile. Com Biochem Physiol 151, 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.05.013>.
- Cui Y and Wootton J. 1988. Bioenergetics of growth of a cyprinid *Phoxinus phoxinus* (L): the effect of ration and temperature on growth rate and efficiency. J Fish Biol 33, 763-779. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1988.tb05521.x>.
- Duncan DB. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics 11, 1-42. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Fauconneau B, Choubert G, Blanc D, Breque J and Luquet P. 1983. Influence of environmental temperature on flow rate of food stuffs thorough the gastrointestinal tract of rainbow trout. Aquaculture 34, 27-39. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(83\)90289-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(83)90289-2).
- Fonds M. 1979. Laboratory observation on the influence of temperature and salinity on development of the eggs and growth of the larvae of *Solea solea*. Mar Ecol Prog Seri 1, 91-99. <https://doi.org/10.3354/meps001091>.
- Herzig A and Winkler H. 1986. The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes *Abramys brama* *Chalcalburnus chalcoides mento* and *Vimba vimba*. J Fish Biol 28, 171-181. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1986.tb05155.x>.
- Imad PS, Chadi M and Joly G. 2008. Effects of temperature on survival and growth of juvenile spinefoot rabbitfish (*Siganus rivulatus*). Aquacult Res 39, 491-497. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01903.x>.
- Iwata N, Kikuchi K, Honda H, Kiyono M and Kurokura M. 1994. Effects of temperature on the growth of Japanese flounder. Fish Sci 60, 527-531. <https://doi.org/10.2331/fishsci.60.527>.
- Jobling M. 1997. Temperature and growth: Modulation of growth rate via temperature change. Cambridge University Press, Cambridge (UK). <https://doi.org/10.1017/cbo9780511983375.010>.
- Johnston IA. 2006. Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. J Exp Biol 209, 2249-2264. <https://doi.org/10.1242/jeb.02153>.
- Kim YI. 2015. The study aquaculture of *Siniperca scherzeri*. The research report of Chungcheongbuk-do Inland Fisheries Research Institute in 2015, 7-15.
- Kim YO and Lee SM. 2016. Effect of water temperature on growth and body composition of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri*. Kor J fish Aquat Sci 49, 607-611. <https://doi.org/10.5657/kfas.2016.0607>.
- Kim YO and Lee SM. 2017. Effect of 1-year and 2-year old mandarin fish *Siniperca scherzeri* fed the diets containing different fish meal levels. J Fish Mar Sci Edu 29, 1054--1062.
- Kim JD, Jung JY and Lee CH. 1988. Study on the egg taking and hatching of *Siniperca scherzeri* Steindachner. Bull Nat'l Fish Res Dev Agency Korea 42, 81-85.
- Kristofferson R, Broberg S, Oskari A and Pekkarinen M. 1974. Effect of a sublethal concentration of phenol on some blood plasma enzyme activities in the pike (*Esox lucius* L) in brackish water. Ann Zool Fennici 11, 220-223.
- Lihua S and Chen H. 2014. Effect of water temperature and fish size on growth and bioenergetics of cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture 426, 172-180. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.02.001>.
- Liu J, Cui Y and Liu J. 1998. Food consumption and growth of two piscivorous fishes the mandarin fish and the Chinese snakehead. J Fish Biol 53, 1071-1083. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb00464.x>.
- Maccarthy I, Moksness E and Pavlov DA. 1998. The effects of temperature on growth rate and growth efficiency of juvenile common wolfish. Aquacult Int 6, 207-218.
- Mccormick SD, Shingleton JM and Zydlewski JD. 1996. Temperature effects on osmoregulatory physiology of juvenile anadromous fish. Society for experimental biology seminar series Cambridge university press, New York, U.S.A., 279-301. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511983375.012>.
- NRC (National Research Council). 2011. Nutrient requirements fish and shrimp, The National Academy Press, Washington DC, U.S.A. <https://doi.org/10.17226/13039>.
- Seikai M, Tanangonan JB and Tanaka M. 1986. Temperature influence on larval growth and meta morphosis of the Japanese flounder *Palulichthys olivaceus* in the laboratory. Bull Jap Soc Sci Fish 52, 977-982. <https://doi.org/10.2331/suisan.52.977>.
- Singh RK, Desai AS, Chavan PA and Khandagale PA. 2009. Effect of water temperature on dietary protein requirement growth and body composition of Asian catfish *Clarias batrachus*. J Termal Biol 34, 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2008.08.005>.
- Sun L, Chen H and Huang L. 2006. Effect of temperature on growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture 261, 872-878. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.07.028>.
- Sun L and Chen H. 2009. Effects of ration and temperature on growth fecal production nitrogenous excretion and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture 292, 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.04.041>.

- Tidwel JH, Cole SD, Bright LA, Arnum AV and Asharian D. 2003. Effect of water temperature on growth survival and biochemical composition of largemouth bass *Micropterus salmoides*. J World Aquacult Soc 34, 175-183. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2003.tb00054.x>.
- Yamamoto T, Shima T, Furuita H, Sugita T and Suzuki N. 2007. Effects of feeding time water temperature feeding frequency and dietary composition on apparent nutrient digestibility in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and common carp *Cyprinus carpio*. Fish Sci 73, 161-170. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01314.x>.
- Zhao H, Han D, Xie S, Zhu X and Yang Y. 2009. Effect of water temperature on the growth performance and digestive enzyme activities of Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Gunther). Aquacult Res 40, 1864-1872. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02292.x>.
- Zohreh S, Sanaz K, 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*. Korean J Fish Aquat Sci 20, 7. <https://doi.org/10.1186/s41240-017-0053-0>.