

사육 수온에 따른 쏘가리(*Siniperca scherzeri*) 치어의 성장 및 체조성 변화

김이오 · 이상민^{1*}

충청북도내수면연구소, ¹강릉원주대학교 해양생물공학과

Effect of Water Temperature on Growth and Body Composition of Juvenile Mandarin Fish *Siniperca scherzeri*

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

Department of Inland Fisheries Research Institute, Chungju 27329, Korea

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

This study was conducted to investigate the effects of different water temperatures on growth, survival, biochemical composition, and blood physiological parameters of juvenile mandarin fish *Siniperca scherzeri*. Feed-trained juvenile fish were subjected to four water temperatures (20, 23, 26 and 29°C) with two replicate groups. The fish were fed to apparent satiation twice daily using a formulated diet containing 55% crude protein and 6% crude lipid. After the 8-week feeding trial, survival was >96% in all groups. Weight gain and feed efficiency of fish reared at 26 and 29°C were higher than those reared at 20°C. The protein efficiency ratio, daily feed intake, and whole body proximate composition were not affected by water temperature. These results indicate that a suitable water temperature range for optimal growth and feed efficiency of juvenile mandarin fish is 26-29°C under these experimental conditions.

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

서 론

쏘가리 속(*Siniperca*)에 해당되는 어류는 한국, 중국 및 베트남에 분포하며, 현재까지 9종이 알려져 있다(Zhao et al., 2006). 우리나라와 중국에는 쏘가리, *Siniperca scherzeri* Steindachner가 서식하고 있으며, 남해나 서해로 흐르는 큰 하천의 중상류에 서식한다(Cheng and Zheng, 1987; Kim and Kang, 1993). 최근 우리나라에서 쏘가리는 담수어종 중 소비자들의 기호도가 매우 높아지고 있는 어종이다. 쏘가리를 대상으로 채란, 부화와 양성(Kim et al., 1988; Lee et al., 1992), 질병(Jang et al., 1997) 및 자어기 사육(Myoung et al., 1999)에 관한 연구들이 일부 수행되어 왔지만, 치어기 이후의 식용어류 생산을 위한 연구는 거의 없는 실정이다. 이는 쏘가리가 살아 움직이는 작은 어류만을 먹는 강한 육식성으로 인하여 사료 공급이 어려워 다양한 연구가 이루어지지 못했기 때문이다.

현재까지 쏘가리 종묘생산을 위한 양식장에서는 잉어나 붕어

의 자어를 어린 쏘가리에게 먹이로 공급하면서 3-4 cm까지 키운 후, 방류사업에 참여하고, 나머지는 살아있는 먹이 공급이 어려워지면 굶겨 죽이는 실정이다. 또한, 하천에 서식하는 살아있는 어류를 불법으로 포획하여 쏘가리에게 공급하면서 치어를 6 cm 정도까지 키운 후에 냉동어류를 공급하여 양성하는 양어장도 있다. 이러한 양식방법은 하천의 자원을 고갈시키고, 냉동어류의 공급 불안정, 냉동보관에 따른 경영비 상승, 산패에 따른 질병발생 등의 여러 가지 문제점을 가지고 있다.

따라서, 쏘가리의 완전 양식을 위해서는 성장에 적합한 배합 사료 개발과 종묘생산된 치어를 사료로 양성하는 기술을 개발하는 것이 시급하다. 최근 충청북도내수면연구소에서 쏘가리를 배합사료로 사육하는 연구에 성공하면서(Kim, 2015), 이를 기반으로 하여 현재 배합사료 개발을 위한 실험을 수행하고 있으며, 양성을 위한 사육도 가능해져 쏘가리 양식산업화가 앞당겨 질 것으로 전망된다.

외부 환경 요인 중에서 사육 수온은 어류의 성장, 생존 및 생

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0607>



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 49(5) 607-611, October 2016

Received 30 September 2016; Revised 20 October 2016; Accepted 20 October 2016

*Corresponding author: Tel: +82. 33.640.2414 Fax: +82. 33. 640. 2955

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

리대사에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 알려져 있으며(Brett and Groves, 1979; Jobling, 1997; Johnston, 2006), 사료섭취에도 직접적인 영향을 미쳐 사료효율 및 사료이용성에 영향을 주는 중요한 요소이다(Yamamoto et al., 2007; Bøgevik et al., 2010). 일반적으로 쏘가리를 양식하는 양어기들은 계절에 따라 겨울철에 10°C 전후부터 여름철에 28°C까지의 수온 범위에서 쏘가리를 사육하고 있다. 하지만, 쏘가리를 대상으로 배합사료 공급과 사육수온에 대한 연구는 매우 제한적이다. 대상 어류에 적합한 수온에서는 사료섭취, 소화 및 사료의 영양이용성이 향상되지만(Bøgevik et al., 2010), 적합한 수온 이하에서는 사료섭취 및 성장의 감소되고(Bendiksen et al., 2002), 효소활성 및 삼투압조절 변화가 초래된다(McCormick et al., 1996). 반면에 너무 높은 수온에서 사육되는 어류는 대사장애 및 먹이섭취 감소 등의 부작용이 초래된다(Sun and Chen, 2009; Bermudes et al., 2010). 하지만 쏘가리의 적정 성장과 생존에 대해 연구된 수온 자료가 없는 실정이므로, 본 연구는 쏘가리 양식을 위한 사육기술 중 배합사료를 공급하였을 때 성장에 적합한 수온을 규명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험어 및 사육관리

실험어로 충청북도내수면연구소에서 종묘생산된 쏘가리를 배합사료에 순치시켜 사육하다가 평균체중 11.4 ± 0.15 g의 치어를 사용하였다. 사육실험 시작 2주전부터 쏘가리 치어를 각 수조마다 무작위로 40마리씩 수용하여 수온 20°C, 23°C, 26°C 및 29°C에 적용시켰다. 사육수온은 자동온도조절기를 각각의 순환여과사육시스템에 설치하여 조절하였다. 각 수온별로 2반복으로 원형 FRP 수조(200 L)에 실험어를 수용하여 1일 2회 반복으로 실험사료를 8주간 공급하였다. 사육 시스템은 반순환여과방식으로 2 L/min의 물이 계속 순환되도록 흘러주고, 산소 공급을 위해 에어스톤을 설치하였다.

실험사료

실험에 사용된 사료는 뱀장어 양성용 시판 분말사료에 칠레산 전갱이 어분(Table 1)을 20% 혼합하여 적당량의 물을 첨가하여 pellet (직경 2 mm) 형태로 제조한 후, -25°C 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 실험수조마다 5마리씩 sampling하여 비만도, 간중량지수 및 내장중량지수를 구하였다. 또한, 어체의 성분분석을 위하여 각 실험수조에서 10마리씩 시료로 취하여 냉동보

Table 1. Ingredient and proximate composition of experimental diet

	%
<i>Ingredients</i>	
Commercial diet ¹	80
Mackerel fish meal ²	20
<i>Chemical analysis (dry matter basis)</i>	
Crude protein	54.9
Crude lipid	5.8
Ash	13.9

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

관(-25°C)하였다.

실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC (1990)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°C dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였다. 회분은 600°C 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다.

혈액분석

혈장성분의 변화를 조사하기 위해 각 실험수조 쏘가리 치어 5마리씩 무작위로 추출하여 헤파린이 처리된 1 mL 주사기를 사용하여 실험어의 미부 혈관에서 채혈하였다. 채혈한 혈액을 7,500 rpm에서 10분간 원심 분리하여 얻은 혈장을 동결보존(-70°C)하면서 화학성분을 분석하였다. 혈액은 혈액자동분석기(DRI-CHEM NX500i, FUJIFILM)를 사용하여 total protein (TP), total cholesterol, glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase (GPT), alkaline phosphatase (ALP), triglyceride, bilirubin, albumin을 분석하였다.

통계분석

결과의 통계처리는 SPSS Ver. 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시한 후 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955) 로 평균 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

8주간의 사육실험 후, 성장 및 사료이용성을 Table 2와 3에 각각 나타내었다. 사육실험기간 동안의 생존율은 96.3% 이상으로 나타났으며, 모든 실험구간에 통계적인 차이는 없었다 ($P>0.05$). 증중율 및 사료효율은 사육수온이 증가함에 따라 증

Table 2. Growth performance and feed efficiency of juvenile *Siniperca scherzeri* (initial averaging 11.4±0.15 g/fish) reared at different water temperatures for 8 weeks¹

Water temperature (°C)	Initial mean body weight (g)	Survival (%)	Final mean weight (g)	Weight gain (%) ²	SGR (%/day) ³	Feed efficiency (%) ⁴
20	11.6±0.15	97.5±0.00 ^{ns}	18.2±1.15 ^a	57.2±7.60 ^a	0.3±0.04 ^a	52.4±2.25 ^a
23	11.6±0.20	96.3±1.25	21.2±0.10 ^{ab}	82.7±2.00 ^{ab}	0.4±0.00 ^{ab}	63.6±2.40 ^a
26	11.2±0.35	97.5±0.00	26.1±1.41 ^{bc}	134.9±15.75 ^b	0.6±0.05 ^{bc}	93.7±4.80 ^b
29	11.5±0.40	96.3±1.25	28.1±2.45 ^c	145.0±29.45 ^b	0.7±0.08 ^c	101.3±9.15 ^b

¹Values (mean ± SE of replications) 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. ⁴Feed efficiency (%) = Fish wet weight gain × 100 / feed intake (dry matter).

Table 3. Daily feed intake (DFI), daily protein intake (DPI), protein efficiency ratio (PER), hepatosomatic index (HSI), visceralsomatic index (VSI), condition factor (CF) of juvenile *Siniperca scherzeri* reared at different water temperatures for 8 weeks¹

Water temperature (°C)	DFI ² (%)	DPI ³ (%)	PER ⁴ (%)	HSI ⁵	VSI ⁶	CF ⁷
20	1.49±0.01 ^{ns}	0.81±0.04 ^{ns}	0.95±0.05 ^{ns}	1.2±0.38 ^{ns}	5.9±0.54 ^{ns}	1.0±0.05 ^{ns}
23	1.61±0.08	0.88±0.05	1.16±0.04	1.4±0.20	5.7±0.19	1.1±0.03
26	1.51±0.03	0.83±0.09	1.71±0.02	2.0±0.23	7.8±1.44	1.3±0.07
29	1.44±0.05	0.79±0.17	1.85±0.02	1.2±0.22	5.1±0.12	1.1±0.09

¹Values are mean ± SE of replication group. ²Daily feed intake = feed intake × 100 / [(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) × days reared / 2]. ³Daily protein intake = protein intake × 100 / [(initial fish wt. + final fish wt. + dead fish wt.) × days reared / 2]. ⁴Protein efficiency ratio = wet weight gain / protein intake. ⁵Hepatosomatic index (HSI) = Liver weight × 100 / body weight. ⁶Visceralsomatic index (VSI) = Viscera weight × 100 / body weight. ⁷Condition factor (CF) = Body weight × 100 / total body length (cm)³. ^{ns} Not significant ($P > 0.05$).

가하는 경향을 보였으며, 증중율은 수온 26°C와 29°C 실험구가 수온 20°C 실험구보다 유의하게 높았다($P < 0.05$). 사료효율은 수온 26°C와 29°C 실험구가 수온 20°C와 23°C 실험구보다 유의하게 높았다($P < 0.05$). 쏘가리 치어의 일일사료섭취율, 일일단백질섭취율, 단백질효율, 비만도, 간중량지수 및 내장중량지수는 사육수온에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다($P > 0.05$).

사육수온은 어류의 대사와 성장에 영향을 미치는 중요한 요소이다(Herzig and Winkler, 1986; Iwata et al., 1994). 일정 범위 내에서 사육수온이 높아질수록 어류의 대사율이 증가되고 먹이 섭취가 촉진되어 성장도 향상되는 것으로 보고되어 있다(Seikai et al., 1986; Fonds, 1979). 하지만, 적정 성장을 위한 수온보다 더 높아지면 어류의 사료섭취가 감소되는 등 부작용이 초래된다(MacCarthy et al., 1998). 쏘가리의 성장과 사료효율은 본 연구에서 설정된 수온 범위 내에서 수온이 증가할수록 높아져 차이를 보였으나, 일일사료섭취율, 일일단백질섭취율 및 단백질효율은 사육수온에 따른 차이를 보이지 않았다. 이와 같이 본 연구에서 사료섭취율이 기존의 연구 결과와는 달리 사육수온에 따라 차이를 보이지 않은 것은 어종의 서식특성 등에 의한 것으로 판단된다. 예를 들면, 수온 변화폭이 좁은 해양에 서식하는 어류와 달리 수온 변화폭이 상대적으로 넓은 담수에서 서식하는 어류는 수온에 대한 내성이 일반적으로 높다. 본 연구에 사용된 쏘가리의 경우도 담수에 서식하는 어류이므로 본 실

험에서 설정된 수온 범위에서는 먹이 섭취에 영향을 받지 않았기 때문에 사료섭취율이 차이를 보이지 않은 것으로 판단된다.

온수성 담수어종인 잉어를 대상으로 수온별로 사육실험 한 결과, 수온 15-25°C에서 수온이 증가함에 따라 성장이 증가하였고 25°C와 30°C간에는 차이가 없었다고 보고하였다(Suzuki et al., 1977). 수온에 따른 잉어 치어의 성장 실험에서 24-30°C 범위에서 큰 차이는 없었지만 최대 성장율은 27°C에서 나타났다고 보고하였다(Goolish and Adelman, 1984). Lumpfish (*Cyclopterus lumpus*)를 대상으로 수온 4-13°C에서 사육한 결과, 수온이 증가함에 따라 유의하게 성장이 증가하는 결과를 나타내었다(Ane et al., 2014). 본 실험의 쏘가리에서도 수온이 증가함에 따라 성장 및 사료효율이 좋아지는 결과를 나타내어 앞에서 언급한 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 본 실험 조건하에서 수온 26-29°C가 쏘가리 치어가 성장에 적합한 수온으로 판단된다. 반면에 사육수온이 증가함에 따라 성장 및 사료효율이 증가하다가 한계수온 이상에서는 오히려 성장 및 사료효율이 유의하게 감소하는 것으로 보고되고 있으므로(Imad et al., 2008; Sun et al., 2006; Zhao et al., 2009), 본 연구의 쏘가리를 대상으로도 금후 29°C 보다 높은 수온에서도 추가적인 사육실험이 필요할 것으로 생각된다.

사육실험 종료 후 전어체 일반성분 분석결과를 Table 4에 나타내었듯이, 전어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분함량은 본 연구에서 설정된 사육수온의 모든 실험구간에서 유의차는 없었

Table 4. Whole body proximate composition (%) of juvenile *Siniperca scherzeri* reared at different water temperatures for 8 weeks¹

Water temperature (°C)	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
20	73.7±0.91 ^{ns}	18.0±1.08 ^{ns}	2.6±1.23 ^{ns}	6.9±0.02 ^{ns}
23	75.5±0.30	17.6±0.70	2.2±0.15	7.0±0.02
26	75.5±1.61	17.7±0.99	3.5±0.61	6.5±0.54
29	73.5±0.49	17.7±0.14	4.4±0.35	7.5±0.43

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

Table 5. Plasma chemical composition of juvenile *Siniperca scherzeri* reared at different water temperatures for 8 weeks¹

	Water temperature (°C)			
	20	23	26	29
Total protein (g/dL)	4.0±0.2 ^b	3.1±0.2 ^a	3.2±0.2 ^a	3.2±0.1 ^a
Total cholesterol (mg/dL)	231.5±8.5 ^{ns}	190.5±11.5	215.5±13.5	199.0±2.0
GOT (U/L)	270.5±80.5 ^b	63.5±10.5 ^a	55.5±13.5 ^a	42.5±5.5 ^a
GPT (U/L)	14.0±2.0 ^{ns}	7.0±1.0	3.0±0.0	10.0±4.0
ALP (U/L)	342.0±0.0 ^{ns}	241.5±8.5	251.5±6.5	265.5±3.5
Bilirubin (mg/dL)	0.3±0.0 ^{ns}	0.2±0.1	0.3±0.0	0.3±0.1
Albumin (g/dL)	0.7±0.1 ^{ns}	0.5±0.0	0.5±0.0	0.6±0.1

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

다($P>0.05$). 사육수온에 따른 체조성의 변화는 어종마다 다르게 나타나므로 대상어종마다 수온변화에 대한 영향을 각각 평가할 필요가 있는 것으로 알려져 있다(Cui and Wootton, 1988). Peres and Oliva-Teles (1999)와 Moreira et al. (2008)는 유럽산 배스(*Dicentrarchus labrax*)를 대상으로 수온별 사육실험에서 두 실험 모두 전어체에 유의한 차이를 나타내었으나, 서로 다른 경향을 보였다. 또한, 큰입배스(*Micropterus salmoides*)를 대상으로 한 사육실험에서는 20°C 실험구가 26°C와 32°C 실험구보다 전어체 수분함량이 유의하게 높게 나타났다(Tidwell et al., 2003). 반면에 Sea bass (*Sparus aurata*) (Couto et al., 2008)와 Asian catfish (*Clarias batrachus*)를 대상으로 한 각각의 수온별 실험에서는 전어체의 수분, 단백질, 지질 및 회분함량에 유의차가 나타나지 않아서(Singh et al., 2009) 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

사육실험 후, 실험어의 미부동맥에서 채혈한 혈액(혈청)의 화

학적상변화를 Table 5에 나타내었다. Total cholesterol, GPT, ALP, bilirubin 및 albumin 함량은 모든 실험구간 유의한 차이가 나타나지 않았다. Total protein과 GOT 함량은 수온 20°C 실험구가 다른 수온 실험구보다 유의하게 높은 값을 나타내었다($P<0.05$). GOT, GPT와 같은 혈중transaminase의 측정은 어류의 간과 신장의 조직학적인 손상을 가리키는 지표로서 사용되었는데(Kristofferson et al., 1974), 본 연구의 GOT의 결과에서 수온 20°C 실험구가 다른 실험구에 비해 유의하게 높은 것은 저온에서 대사 저하 등의 부작용이 초래될 가능성이 있음을 암시한다. 이상의 결과로부터, 쏘가리는 온수성 담수어종으로 분류되어야 할 것으로 보이며, 본 실험 조건에서 쏘가리 치어의 최적성장 및 사료효율을 위한 사육수온은 26-29°C가 적합할 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원에서 지원하는 수산실용화기술개발사업(쏘가리 배합사료 및 순치기술 개발, 과제번호 D11524615H480000120)에 의해 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

References

- Ane VN, Erik V, Atle F, Thor AH, Patrick R, Gerhard E, Tor AE, Inger-Britt FP and Albert KI. 2014. The effect of temperature and fish size on growth of juvenile lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.). *Aquaculture* 434, 296-302.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.
- 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.
- 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.
- 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.
- Brett JR and Groves TDD. 1979. Physiological energetics. *Fish Physiol* 8, 279-352.
- Cheng Q and Zheng B. 1987. Systematic Synopsis of Chinese Fishes. Science Press Beijing, Beijing, China, 284-286.
- Couto A, Enes P, Peres H and Oliva-Teles A. 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.

- 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.
- Duncan DB. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- 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.
- Goolish EM and Adelman IR. 1984. Effects of ration size and temperature on the growth of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture* 36, 27-35.
- Herzig A and Winkler H. 1986. The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes *Abramisc brama*, *Chalcalburnus chalcoides mento* and *Vimba vimba*. *J Fish Biol* 28, 171-181.
- 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.
- Iwata N, Kikuchi K, Honda H, Kiyono M and Kurokurg M. 1994. Effects of temperature on the growth of Japanese flounder. *Fish Sci* 60, 527-531.
- Jang SI, Lee WO, Lee JY, Cho JH, Kim SM and Kim KJ. 1997. Mass mortality by *Aeromonas hydrophila* infection in the production of the Korea mandarin fish fingerling, *Siniperca scherzeri*. *J Aquacult* 10, 439-447.
- Jobling M. 1997. *Temperature and Growth: Modulation of Growth Rate Via Temperature Change*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Johnston IA. 2006. Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. *J Exp Biol* 209, 2249-2264.
- Kim YI. 2015. The study aquaculture of *Siniperca scherzeri*. The research report of Chungcheongbuk-do Inland Fisheries Research Institute in 2015. 7-15.
- Kim IS and Kang EJ. 1993. *Coloured fishes of Korea*. Academy Publishing Company, Seoul, Korea, 477.
- 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.
- Lee CH, Chang KN, Lee SD and Choi NJ. 1992. A study on the cultivation of *Siniperca scherzeri* Steindachner. *Bull Nat'l Fish Res Dev Agency Korea* 46, 183-193.
- 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, Shimplton JM and Zydlewski JD. 1996. Temperature effects on osmoregulatory physiology of juvenile anadromous fish. Society for experimental biology seminar series. Cambridge university press, NY, USA, 279-301.
- Moreira IS, Peres H, Couto A, Enes P and Oliva-Teles A. 2008. Temperature and dietary carbohydrate level effects on performance and metabolic utilization of diets in European sea bass (*Dicentrarchus labras*) juvenile. *Aquaculture* 274, 153-160.
- Myoung JG, Jung C, Han MS, Kim BG, Kim HB, Choi HJ and Kim MS. 1999. Effect of delayed initial feeding on body form, mortality and cannibalism in larval stages of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* (Teleostei ; Centropomidae). *J Kor Fish Soc* 32, 669-673.
- Peres H and Oliva-Teles A. 1999. Influence of temperature on protein utilization in juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 17, 337-348.
- Seikai M, Tanangonan JB and Tanaka M. 1986. Temperature influence on larval growth and meta morphosis of the Japanese flounder *Palalichthys olivaceus* in the laboratory. *Bull Jap Soc Sci Fish* 52, 977-982.
- 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.
- 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.
- 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.
- Suzuki R, Yamaguchi M and Ishikawa K. 1977. Differences in growth rate in two races of the common carp at various water temperature. *Bull Fresh Fish Res Lab* 27, 21-26.
- 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.
- 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.
- Zhao J, Wang W, Li S and Cai WQ. 2006. Structure of the mitochondrial DNA control region of the siniperine fishes and there phylogenetic relationship. *Acta Genetica Sinica* 33, 793-799.
- 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.