

수온과 염분이 양태 자치어의 성장과 생존에 미치는 영향

이진 · 윤지원 · 이성훈¹ · 한경호*

전남대학교 수산과학과, ¹전남대학교 수산해양산업관광레저융합학과

Effects of Water Temperature and Salinity on the Growth and Survival of Larvae and Juvenile of *Platycephalus indicus* by Jin Lee, Ji-Won Yun, Sung-Hoon Lee¹ and Kyeong Ho Han* (Department of Fisheries Sciences, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea; ¹Department of Fishery, Marine, Industry, Tourism, and Leisure, Chonnam National University, Yeosu 59626, Republic of Korea)

ABSTRACT The water temperature and salinity have an important effect on the growth and survival of rearing fish. This study investigates the effect of water temperature and salinity on larvae and juveniles of *Platycephalus indicus*. The experimental water temperature was set to 13, 16, 19, 22, and 25°C, respectively, and the salinity was set to 7, 14, 21, 28, and 32 psu, respectively. Ten individuals were randomly collected daily and measured the total length using a stereo microscope. The growth rate was the highest at 25°C (21.62 ± 0.14 mm), 28 psu (15.02 ± 0.05 mm) and the lowest at 13°C (7.04 ± 0.05 mm), 7 psu. The survival rate was the highest at 22°C (69.2%), 32 psu (84.1%) and the lowest at 13°C (15.1%), 7 psu. This study demonstrates that the water temperature and salinity affected the survival and growth of *Platycephalus indicus* larvae and the juvenile.

Key words: *Platycephalus indicus*, growth, survival, water temperature, salinity

서론

양태(*Platycephalus indicus*)는 양태과(Platycephalidae)에 속하는 어종으로 한반도 중남부의 연안해역 및 일본 연안, 인도양과 서태평양, 홍해에 걸쳐 넓은 해역에 분포하고 있으며, 최대 100 cm까지 자라는 어종이다(Chyung, 1977; Kim and Kang, 1993; Froese and Pauly, 2022). 전 세계에 18속 80종이 분포하고 있으며, 국내에 분포한 양태과 어류는 6속 9종이다(Nelson *et al.*, 2016; NIBR, 2021). 머리는 납작하고 너비가 넓으며 아래 턱은 위턱보다 돌출되었다. 등지느러미의 극조부와 연조부는 분리되고, 첫 번째 극조는 아주 작으며 배지느러미는 가슴지느러미 기부 아래에서 시작된다(Choi *et al.*, 2008). 산란기는 5~7월로 주로 연안해역의 모래 바닥에서 산란하며(Kwak and Huh, 2002), 성장함에 따라 암컷으로 성 전환하는 개체가 증가하여 수컷의 비율이 점점 낮아지는데, 전장 50 cm 이상에서는 암컷만 나

타난다(Masuda *et al.*, 2000). 양태는 국내에서 회 또는 건어물 등 식용으로 주로 이용되어 인기가 높고 수산어종으로 경제성 가치가 높음에도 불구하고 대표적인 양식어종인 넙치와 조피볼락에 비해 양식 보편화가 되지 못하고 있으며, 자원량도 연안 매립 및 오염 등에 따른 연안 생태계 훼손 및 남획으로 인해 감소되고 있는 추세이다.

일반적으로 어류들은 그들만의 최적 생활 수온을 가지고 있는데(Shamseldin *et al.*, 1997), 어류가 최적 생활 수온 범위를 벗어나면 온도에 보상하려는 현상을 보이게 되고, 임계수준을 넘어 서면 어체의 생리활성을 떨어뜨림으로써 건강을 악화시킬 수 있다(Barton and Iwama, 1991). 또한, 염분은 해양생태계에서 생물의 생리적 변화에 영향을 미치는 환경요인 중 하나로 어류의 대사활동, 삼투조절 및 생체리듬 등에 중요한 요인으로 작용하고(Kang *et al.*, 2004), 어종에 따라서 다양한 염분 저항성을 갖고, 회유성 어류인 연어과 어류나 기수 지역에 주로 서식하는 송어나 망둥어과 어류 그리고 해수에서 주로 서식하는 감성돔이나 농어 등은 담수에서도 서식이 가능하며, 해수지역에서만 서식하는 어류의 경우에도 넓은 염분 범위에서 서식할 수 있는 염

저자 직위: 이진(대학원생), 윤지원(박사), 이성훈(교수), 한경호(교수)
*Corresponding author: Kyeong Ho Han Tel: 82-61-659-7163,
Fax: 82-61-659-7169, E-mail: aqua05@jnu.ac.kr

분 저항성을 갖고 있으며(Boeuf and Payan, 2001), 저염분은 해산어류의 삼투압 조절에 영향을 미침으로써 이온과 수분 평형에 혼란을 일으켜 어체의 생리조건 악화 및 성장지연을 초래한다(Singley and Chavin, 1971). 염분의 변화가 장기간 지속될 경우 해양생물에게 생리적인 스트레스로 작용하여 유전자의 발현 및 생존을 변화에 악영향을 미친다(Nikapitiya *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2014; Yang *et al.*, 2016).

지금까지 국내에 보고된 양태에 관한 연구로는 식성(Kwak and Huh, 2002), 정자의 냉동보존(Kim *et al.*, 2011), 난발생 및 자치어 형태발달(Yun *et al.*, 2022), 양태속 어류의 분류학적 검토(Lee *et al.*, 1999) 등이 있지만 양태가 경제성이 높은 어류임에도 불구하고 아직 자치어 사육에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 수온과 염분이 양태의 자치어 성장 및 생존에 미치는 영향을 조사함으로써 양태의 적정 사육 수온 및 염분에 대한 정보와 향후 대량종묘생산기술에 관한 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 어미 관리 및 자치어 확보

어미는 여수시 돌산 연안에서 저층자망으로 채집하였으며, 현장에서 성숙된 난과 정자를 건식법으로 인공수정을 진행한 후 실험실로 운반하였다. 실험에 이용한 자어는 플라스틱 수조(35×50×30 cm)에서 수온과 염분은 현장수와 동일하게 각각 20.0±0.5°C, 30.3±1 psu로 유지하여 수정란에서 부화시킨 개체들을 이용하였다.

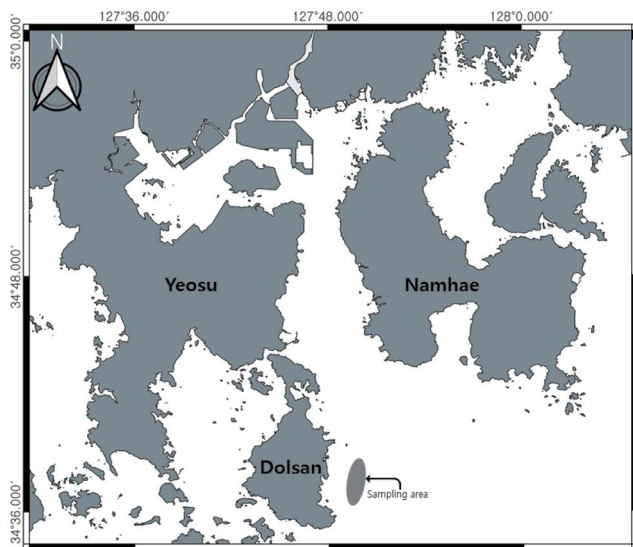


Fig. 1. Map of the study sites.

2. 자치어 사육 및 실험

실험구의 수온은 13, 16, 19, 22, 25°C로 설정하였고, 염분농도는 수온 20°C를 유지하여 각각 7, 14, 21, 28, 32 psu로 설정하였으며, 200 L 플라스틱 원형수조에 부화 자어를 각각 500마리씩 수용하였다. 각 실험구의 염분은 31.0±1.0 psu로 유지하고 용존 산소는 7.0 ppm 이상이 유지되도록 하였으며, 사육수는 매일 1/2 씩 2회 환수하였다. 먹이로는 rotifer (*Brachionus plicatilis*)로부터 시작하여 *Artemia* sp.와 초기배합사료를 순차적으로 공급하면서 각 수온과 염분 실험구에서 각각 매일 10마리씩 무작위로 추출 후 만능투영기(SMZ800, Nikon, Japan)를 이용하여 자치어의 전장을 측정 후, 측정일수에 따른 누적폐사율을 조사하여 생존율을 파악하였으며, 실험구간에 따른 사육기간별로 비교하였다.

결 과

1. 수온의 영향

1) 성장

양태 부화 직후 자어는 2.50±0.02 mm TL였고, 25°C 실험구에서 25일째 12.55±0.10 mm TL로 다른 수온 구간에 비해 뚜렷한 성장을 보였으며, 실험 종료일인 45일째 21.62±0.14 mm TL로 가장 높은 성장을 보였다. 16°C 실험구에서는 25°C 실험구와 마찬가지로 25일째 급격한 성장을 하였고, 이후 지속적인 성장을 보이며 45일째 17.12±0.11 mm TL로 비교적 높은 성장을 보였다. 실험 종료일까지 각각 19°C 실험구에서는 13.56±0.05 mm TL, 16°C 실험구에서는 10.54±0.07 mm TL, 마지막으로 13°C 실험구에서 7.04±0.05 mm TL로 고수온 실험구에 비해 일정한 성장을 보였다(Fig. 2).

2) 생존

양태 자어의 생존율은 수온 22°C에서 69.2%로 가장 높은 생

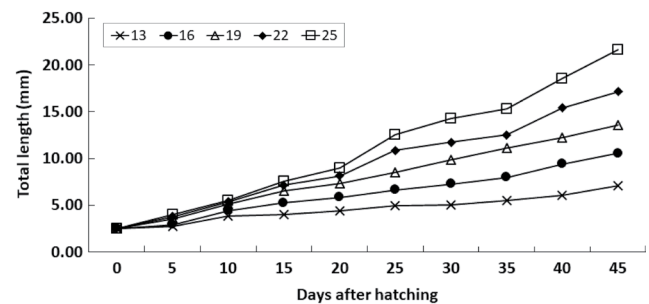


Fig. 2. Total length (mm) of laboratory-reared *Platycephalus indicus* at different water temperature (°C).

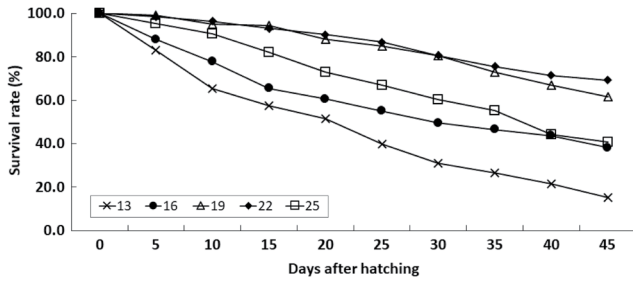


Fig. 3. Survival rate (%) of laboratory-reared *Platycephalus indicus* at different water temperature (°C).

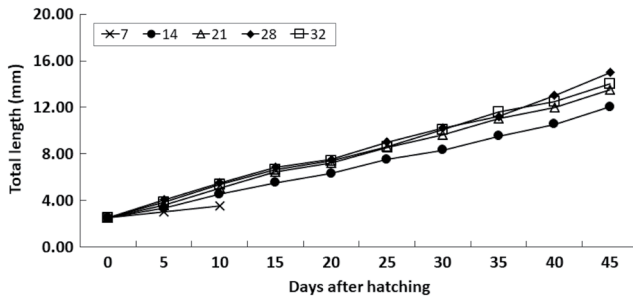


Fig. 4. Total length (mm) of laboratory-reared *Platycephalus indicus* at different salinity (psu).

존율을 보였다. 19°C에서는 실험 5일째 생존율이 99.3%로 가장 높았으나 이후 생존율이 61.5%로 감소하여 25°C에 비해 낮은 생존율을 보였다. 25°C의 실험구는 16°C의 실험구에 비해 초기생존율이 높았으나 실험 종료일인 45일째 생존율이 각각 40.7%, 38.2%로 비슷한 경향을 보였다. 13°C 실험구에서는 생존율이 큰 폭으로 감소하여 45일째 15.1%로 가장 낮은 생존율을 보였다(Fig. 3).

2. 염분의 영향

1) 성장

염분 구간별 성장은 28 psu 실험구에서 15.02 ± 0.05 mm TL로 가장 높은 성장을 보였다. 32 psu 실험구에서는 35일째 11.62 ± 0.04 mm TL로 다른 실험구에 비해 가장 높은 성장을 보였으나 45일째 14.06 ± 0.05 mm TL로 28 psu 실험구보다 낮은 성장을 보였다. 실험 종료일인 45일째 21 psu 실험구와 14 psu 실험구는 각각 13.54 ± 0.05 mm TL, 12.06 ± 0.03 mm TL의 성장을 보였으며, 가장 낮은 염분 구간인 7 psu 실험구에서는 10일째 3.56 ± 0.03 mm TL의 성장을 보였으나 이후 전부 폐사하여 실험이 종료되었다(Fig. 4).

2) 생존

양태 자어는 32 psu 실험구에서 84.1%로 가장 높은 생존율을

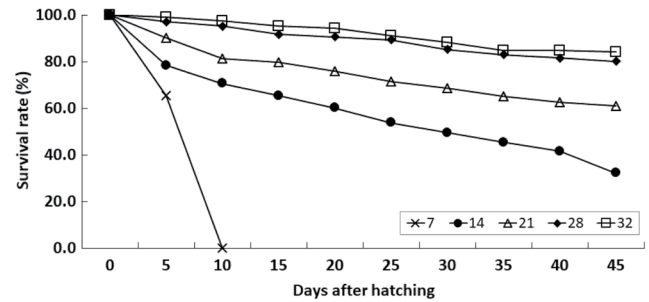


Fig. 5. Survival rate (%) of laboratory-reared *Platycephalus indicus* at different salinity (psu).

보였다. 28 psu 실험구에서는 32 psu 실험구와 유사한 경향을 나타내어 80.1%의 대체로 높은 생존율을 보였다. 21 psu 실험구에서는 10일째까지 81.5%의 생존율을 보였고, 61.1%의 생존율로 실험을 종료하였다. 14 psu 실험구에서는 생존율의 지속적인 감소가 나타나 45일째 32.2%의 비교적 낮은 생존율을 보였으며, 7 psu 실험구에서는 5일째 65.5%의 생존율을 보였으나 이후 전부 폐사하여 실험이 종료되었다(Fig. 5).

고 찰

수온은 생물의 대사효율과 활성을 변경시켜 변온동물인 어류의 성장과 생존에 직접적인 영향을 미치며 산소소비, 먹이섭식 그리고 많은 생리적인 기능들이 의존하는 중요한 요인이다. 수온의 계절적 변화는 양식 해산 어류의 생리적 대사, 건강도에 직접적인 영향을 준다(Kang, 2007). 일반적으로 부화 직후 자어는 수온이 낮아질수록 성장이 느리고 수온이 높아질수록 성장이 빠르다고 알려져 있으며, 부화율은 수온이 증가할수록 감소하는 것으로 알려져 있다. 특히 해산어류 종자생산에 있어 자어의 생존과 성장은 수온, 성장단계 및 영양적 측면과 밀접한 관계가 있다(Lee *et al.*, 1997). 수온은 일반적으로 염분보다 어류 성장에 더 큰 영향을 미치며(Rombough, 1997), 이번 연구의 양태 자어도 수온이 상승함에 따라 자치어의 크기가 상승하는 경향을 나타냈다. 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*, Kang *et al.*, 2002)와 대구(*Gadus macrocephalus*, Lee *et al.*, 2007) 등 과거 연구 결과에서도 수온이 증가함에 따라 높은 성장률을 보여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 이번 연구에서 수온에 따른 생존율의 경우 주 산란기가 5~7월인 양태가 13°C 실험구에서 생존율이 급격히 낮아지는 것을 보아 저수온 구간인 13°C보다 고수온 구간인 25°C에서 수온에 대한 내성이 강한 것을 알 수 있었으며, 겨울이 주 산란기인 쥐노래미와 명태(*Gadus chalcogrammus*)는 고수온보다 저수온 구간에서 수온에 대한 내성이 강한 결과와는 상반되었다. 수온에 대한 내성 정도는 어종마다 각각 다르며, 산

란기에도 영향을 미친다(Jobling, 1994; Reist *et al.*, 2006). 이러한 결과로 보아 생존율 향상을 위해 19~22°C 범위의 수온에서 사육하는 것이 효과적이지만 사육 최적수온을 규명하기 위해 세 부적인 수온범위에서 연구가 필요할 것으로 판단된다.

염분에 따른 양태 자치어의 성장은 모든 구간에서 비교적 균 일한 성장을 하였지만, 7 psu 실험구에서는 실험 10일째 전부 폐사하였다. 어류의 성장에 있어 염분의 영향은 흔히 삼투 및 이온 조절에 소비되는 에너지가 가장 적게 드는 염분에서 가장 양호한 성장을 할 수 있지만(Morgan and Iwama, 1991), 본 연구에서는 7 psu를 제외한 염분 구간별 성장이 큰 차이를 보이지 않아 양태의 성장 차이는 폐사에 이르는 경우만 아니면 염분이 성장률에 미치는 영향은 적은 것을 알 수 있었다. 염분에 따른 어류의 저항성은 그들의 서식지역에 따라 다양하게 나타나는데, 기수 지역에 서식하는 어류는 담수 혹은 해수지역에 한정되어 서식하는 어류보다 넓은 범위의 염분에서도 강한 내성을 나타내며, 삼투조절이 가능하다(Otto, 1971; Blaber, 1974; Martin, 1990). 양태 치어는 강어귀에서도 자주 발견이 되고 있으며(FAO, 1999), 양태속 어류인 *Platycephalus fuscus*가 산란기 내내 장기간 강어귀 및 연안 해역에 서식할 뿐만 아니라 강이나 호수에서 자망, 저인망, 낚시 등으로 채집되는 것으로 알려져 있다(Gray and Barnes, 2015). 본 연구에서 양태의 생존율은 7 psu에서 부화 후 10일째 모두 폐사를 제외한 모든 염분 구간에서 생존하는 것으로 보아 저염분에서도 양태의 서식이 가능하였으며, 이는 Gray and Barnes (2015)의 연구와 유사하였다. 이러한 결과는 양태가 해수 지역에 한정되어 서식하는 어류에 비해 염분 내성이 강하다는 것을 알 수 있었고, 기수지역에서도 사육이 가능하리라 판단된다.

요 약

실험구의 수온은 13, 16, 19, 22, 25°C로 설정하였고, 염분농도는 각각 7, 14, 21, 28, 32 psu로 설정하였으며, 200 L 플라스틱 원형수조에 부화 자어를 각각 500마리씩 수용하였다. 성장은 수온 25°C(21.62±0.14 mm TL)와 염분 28 psu(15.02±0.05 mm TL)에서 가장 높았고, 수온 13°C(7.04±0.05 mm TL)와 염분 7 psu에서 가장 낮았다. 생존율은 수온 22°C(69.2%)와 염분 32 psu(84.1%)에서 가장 높았으며, 수온 13°C(15.1%)와 염분 7 psu에서 가장 낮았다. 양태는 강어귀 또는 연안 해역에 서식하여 채집이 가능한 어종으로 다른 해수 어종에 비해 염분 내성이 강하였다.

REFERENCES

Barton, B.A. and G.K. Iwama. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response

- and effects of corticosteroids. *Annu. Rev. Fish Dis.*, 1: 3-26. [https://doi.org/10.1016/0959-8030\(91\)90019-G](https://doi.org/10.1016/0959-8030(91)90019-G).
- Blaber, S.J.M. 1974. Osmoregulation in juvenile *Rhabdosargus holubi* [Steindacher (Teleostei: Sparidae)]. *J. Fish Biol.*, 6: 797-800.
- Bœuf, G. and P. Payan. 2001. How should salinity influence fish growth?. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.*, 130: 411-423. [https://doi.org/10.1016/S1532-0456\(01\)00268-X](https://doi.org/10.1016/S1532-0456(01)00268-X).
- Choi, Y., J.H. Kim and J.Y. Park. 2008. *Marine fishes of Korea*. Kyohak Publishing Co., Seoul, Korea, 646pp.
- Chyung, M.K. 1977. *The fishes of Korea*. Ilji-sa, Seoul, Korea, 727.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1999. *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae)*. FAO, Rome, pp. 2385-2421.
- Froese, R. and D. Pauly. 2022. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2022).
- Gray, C.A. and L.M. Barnes. 2015. Spawning, maturity, growth and movement of *Platycephalus fuscus* (Cuvier, 1829) (Platycephalidae): fishery management considerations. *J. Appl. Ichthyol.*, 31: 442-450.
- Jobling, M. 1994. Biotic factors and growth performance. *Fish and Fisheries Series 13*. Chapman & Hall, London, pp. 155-201.
- Kang, H.Y. 2007. Development of the technique of polyculture and winterization in earthen pond system in the western south Korea. Final report of KIMST, MOMAF, 212.
- Kang, H.Y., E.Y. Chung, C.H. Lee and J.Y. Lee. 2002. Effect of water temperature on hatching, and effects of water temperature and feeding regime on growth and survival of the larvae of greenling *Hexagrammos otakii*. *Korean J. Ichthyol.*, 14: 85-92.
- Kang, J.C., J.H. Jee, S.G. Kim, G.S. Park and S.Y. Park. 2004. Tolerance of juvenile gobiidae, *Tridentiger trigonocephalus* exposed to various salinity. *Kor. J. Environ. Biol.*, 22: 153-158.
- Kim, D.H., I.K. Kong, S.J. Rha, J.W. Yun, K.H. Han and K.H. Kho. 2011. Practical procedure of sperm cryopreservation of the bar-tailed flathead *Platycephalus indicus*. *Korean J. Ichthyol.*, 23: 75-79.
- Kim, I.S. and E.J. Kang. 1993. *Coloured fishes of Korea*. Academy Book, 477.
- Kwak, S.N. and S.H. Huh. 2002. Feeding habits of *Platycephalus indicus* in eelgrass (*Zostera marina*) beds in Kwangyang Bay. *Korean J. Ichthyol.*, 14: 29-35.
- Lee, C.L., J.H. Kim and C.S. Kim. 1999. Taxonomic review of the genus *Platycephalus* (Platycephalidae) from Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 11: 143-148.
- Lee, J.Y., W.K. Kim and Y.J. Chang. 1997. Influence of water temperature and salinity on egg development of flatfish, *Limanda herzensteini*. *J. Aquacult.*, 10: 357-362.
- Lee, J.Y., C.S. Lee, W.K. Kim, S.U. Park and B.H. Min. 2007. Effects of water temperature on egg development, hatching and larval growth rearing of the pacific cod *Gadus macrocephalus*. *J.*

- Aquacult., 20: 260-264.
- Martin, T.J. 1990. Osmoregulatory in three species of Ambassidae (Osteichthyes: Perciformes) from estuaries in Natal. S. Afr. J. Zool., 25: 229-234.
- Masuda, Y., T. Ozawa, O. Onoue and T. Hamada. 2000. Age and growth of the flathead, *Platycephalus indicus*, from the coastal waters of west Kyushu, Japan. Fish. Res., 46: 113-121. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00138-7](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00138-7).
- Morgan, J.D. and G.K. Iwama. 1991. Effects of salinity on growth, metabolism, and ion regulation in juvenile rainbow and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 2083-2094.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. Fishes of the world 5th ed. John Wiley & Sons, New York, U.S.A., 707.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2021. National list of species of Korea, National Institute of Biological Resources, online at <http://kbr.go.kr/> accessed on 06/2022.
- Nikapitiya, C., W.S. Kim, K. Park and I.S. Kwak. 2014. Identification of potential markers and sensitive tissues for low or high salinity stress in an intertidal mud crab (*Macrophthalmus japonicus*). Fish Shellfish Immun., 41: 407-416. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.09.018>.
- Otto, R.G. 1971. Effects of salinity on the survival and growth of pre-smolt coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). J. Fish. Res. Board Can., 28: 343-349.
- Reist, J.D., F.J. Wrona, T.D. Prowse, M. Power, J.B. Dempson, R.J. Beamish, J.R. King, T.J. Carmichael and C.D. Sawatzky. 2006. General effects of climate change on Arctic fishes and fish populations. Ambio, 35: 370-380.
- Rombough, P.J. 1997. The effects of temperature on embryonic and larval development. In Seminar series-society for experimental biology. Cambridge University Press, 61: 177-224.
- Shamseldin, A.A., J.S. Clegg, C.S. Friedman, G.N. Cherr and M.C. Pillai. 1997. Induced thermotolerance in the pacific oyster, *Crassostrea gigas*. J. Shellfish. Res., 16: 487-491.
- Singley, J.A. and G.I. Chavin, 1971. Cortisol levels of normal goldfish, *Carrassius auratus* L., and response to osmotic change. Am. Zool., 11: 653.
- Wang, Q.L., S.S. Yu, C.X. Qin, S.L. Dong and Y.W. Dong. 2014. Combined effects of acute thermal and hypo-osmotic stresses on osmolality and hsp70, hsp90 and sod expression in the sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka. Aquacult. Int., 22: 1149-1161. <https://doi.org/10.1007/s10499-013-9734-6>.
- Yang, S.J., J.Y. Lee, Y.K. Shin, H.K. Hwang and J.I. Myeong. 2016. Effects temperature and salinity on survival, metabolism and histological change of the rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Kor. Soc. Fish. Mar. Edu., 28: 1068-1075. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2016.28.4.1068>.
- Yun, J.W., K.H. Han, T.S. Yu, J. Lee, S.H. Lee, J.M. Park and J.H. Seo. 2022. Morphological development of eggs, larvae and juveniles of *Platycephalus indicus* caught from Yeosu. Korean J. Ichthyol., 34: 96-101.