

## 인위적으로 조성한 세 가지 수온이 계곡산개구리(*Rana huanrensis*) 알의 부화율, 부화기간 및 유생의 성장에 미치는 영향 연구

나수미\* · 심정은\* · 김현정\*\* · 안치경\*\* · 이훈복\*\*\*,†

\*서울여자대학교 생명환경공학과

\*\*서울여자대학교 대학원 생물학과

## The effect of three different water temperatures in our research facility on Huanren brown frog (*Rana huanrensis*) egg's hatching rate, hatching periods, and larvae's growth

Sumi Na\* · Jeong-eun Shim\* · Hyun-jung Kim\*\* · Chi-Kyung An\*\* · Hoonbok Yi\*\*\*,†

\*Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University, Seoul, 139-774 Korea

\*\*Department of Biology, Graduate School of Seoul Women's University, Seoul, 139-774 Korea

(Received: 13 July 2015, Revised: 28 August 2015, Accepted: 28 August 2015)

### 요약

본 연구는 지구 온난화로 인해 상승하고 있는 수온이 계곡산개구리에게 미치는 영향을 알아보기 위해 진행되었다. 이를 위해 서울에 위치한 수락산 일대(37° 40'55.86"N, 127° 05'19.99"E)에서 계곡산개구리 난괴를 채집하였다. 총 9개의 난괴를 채집하였으며 3개의 그룹으로 나누어 각각의 인큐베이터에 LT (5 ± 2°C), MT (10 ± 2°C), HT (13 ± 2°C)로 온도를 달리하여 사육하였다. 각각의 실험군 LT (5 ± 2°C), MT (10 ± 2°C), HT (13 ± 2°C)은 모든 유생이 부화 할 때까지 실험이 진행되었으며 각각의 난괴에서 부화한 개체의 부화율과 부화일수, 개체의 크기를 측정하였고 통계분석을 통해 온도가 유생의 발달에 미치는 영향을 분석 하였다. 유생의 부화율은 MT (10 ± 2°C)일 때 95.6%로 가장 높았고 HT (13 ± 2°C)일 때 82.6%, LT (5 ± 2°C)일 때 82.2%로 비슷한 수치가 나왔다. 유생의 부화일수는 HT (13 ± 2°C)그룹이 10일로 가장 짧았으며, MT (10 ± 2°C)그룹은 14일, LT (5 ± 2°C) 그룹은 23일이었다. 실험 결과, 부화 개체의 크기는 MT (10 ± 2°C)일 때 7.62 ± 0.11mm, HT (13 ± 2°C)일 때 7.19 ± 0.15mm, LT (5 ± 2°C)일 때 6.82 ± 0.10mm 순으로 작아졌다(ANOVA, p-value = 0.00000). 본 연구를 통해 개구리의 성장과 부화에는 최적온도가 존재할 것이라 예상되었고, 지구온난화로 인한 온도의 변화는 계곡산 개구리에 부화와 성장에 영향을 미칠 수 있음이 확인되었다. 본 연구를 통해 도출한 결과를 바탕으로 더 나아가 온도 구배 상황에서 계곡산개구리 성체까지의 변태율과 크기에 미치는 영향에 대한 실험을 진행한다면 기후 변화에 적응하는 개체군에 대한 이해뿐만이 아니라 추후 멸종위기종 보존대책 등에 대한 연구에 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

핵심용어 : 부화시기, 부화율, 계곡산개구리, 수온

### Abstract

This study was executed to know the effect of three differently controlled temperature conditions on Huanren brown frog (*Rana huanrensis*)'s growth in 2013. We've collected nine Huanren brown frog egg's sacs on Mt. Surak (37° 40'55.86"N, 127° 05'19.99"E) in Seoul. We put those nine egg sacs in the controlled growth chambers under low temperature (LT, 5 ± 2°C), medium temperature (MT, 10 ± 2°C), and high temperature (HT, 13 ± 2°C) conditions with three egg sacs, respectively. We measured the eggs' hatching rate, their hatching periods, and the size of the hatched individuals. The hatching rate was higher in MT (95.6%) and the rates of the other treatments were relatively lower but very similar such as LT (82.2%) and HT (82.6%). The three hatching periods were 10 days at HT, 14 days at MT and 23 days at LT. The body sizes of the hatched individuals were biggest at MT (7.62 ± 0.11mm), smallest at LT (6.82 ± 0.10mm) and medium at HT (7.19 ± 0.15mm) (P-value ≤ 0.0001). From our results, we found that the various water temperatures could be very effective to Huanren brown frog eggs' hatch and growth including their body sizes. We suggest if we study more about the growth of Huanren brown adult frogs under similar temperature

† To whom correspondence should be addressed.

Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University, Seoul, 139-774 Korea  
E-mail: yih@swu.ac.kr

conditions for a long term period, it must be very helpful for conservation study about metamorphosis rate and size of adult frog as well as we could understand about the amphibians who are adapting to the climate change.

Key words : Hatching period, Hatching rate, Huanren brown frog, *Rana huanrensis*, Water temperature

## 1. 서 론

온실가스 변화와 초기 지구 기후모델에 의하면 지구의 표면 온도는 30년 단위로 0.2°C의 상승을 보이고 있다. 이러한 온도 상승은 태평양 동부 적도 부근에서 더 활발하게 일어나며 이는 엘니뇨현상을 비롯한 극한 기후변화를 야기시킨다(Hansen et al., 2006). 현재 가장 잘 알려진 지구 온난화의 원인은 첫째, 인간의 화석연료 사용의 증가로 인한 대기 중 이산화탄소 농도 증가, 둘째, 지구의 질소 순환의 변화 그리고 인간에 의한 토지 이용의 변화이다. 이러한 원인으로 인해 발생한 환경변화는 지구 생태계에 직접적인 영향을 주어 많은 생물종을 멸종 시킬 것으로 판단된다(Vitousek, 1994; Hansen et al., 2006).

특히, 환경변화에 민감하게 반응하여 환경변화를 감지하는 지표 종으로 잘 알려진 양서류는 수분투과성 피부를 가지며 특히 온도 변화, 습도 변화 그리고 UV에 대한 노출에 민감하며, 그 중 가장 민감하게 작용하는 것은 수온의 변화이다(Blaustein and Wake, 1990; Blaustein, 1994; Vitt et al., 1990; Blaustein et al., 2010). 수온의 변화는 양서류의 수분투과성 피부에 영향을 미치며 동면기간, 개체의 발달, 에너지 대사, 성장, 면역시스템, 생식 등에 영향을 미친다(Shoemaker et al., 1992; Dorcas et al., 2004; Cleland et al., 2006). 양서류는 수중생태계의 먹이사슬에 중요한 위치를 차지하고 있고, 양서류의 유생은 수중생태계에서 상위 포식자의 중요한 먹이자원이므로 수온의 변화에 따른 양서류의 발생 연구는 중요한 연구주제이다.

이와 관련하여 온도 상승, 건기 시기의 변화, 토양습도의 감소가 양서류에 미치는 영향 및 활동 패턴, 미소서식처의 사용에 대한 성장비용에 관한 연구 등이 진행되고 있다(Carey and Bryant, 1995). Viparina and Just (1975)의 연구에 의하면, 일반적으로 높은 온도의 환경은 양서류의 발생률을 증가시키지만 변태 시 몸길이의 감소를 유발하며, 반대로 낮은 온도의 환경은 부화율이 감소하지만 변태 시 몸길이의 증가를 유발시키는 경향이 있다고 언급했다(Bachmann, 1969; Kuramoto and Tsuzuki, 1976; Berven et al., 1979; Hwang et al., 2014; Viparina and Just, 1975; Kollros, 1961; Fry, 1972). 이는 수온이 높은 곳에서 성장한 개구리가 다른 개체군과의 경쟁에서 더 약한 개체를 배출 함을 말한다.

본 연구는 양서류 중 척삭동물문(Chordata) 양서류강(Amphibia) 무미목(Anura) 개구리과(Ranidae)에 속해있는 계곡산개구리(Huanren brown frog, *Rana huanrensis*)를 통하여 기후 변화로 인한 온도 상승이 개구리 알의 부화, 부화기간, 그리고 부화개체의 크기에 미치는 영향을 확인하

고자 하였다. 이를 위해 알의 부화를 지연시키는 요인으로 온도 조건을 설정하였으며, 각각 다른 온도 조건이 개구리 알의 부화와 성장 발달에 미치는 영향을 확인하기 위해 다음과 같은 가설을 설정하여 실험을 진행하였다. 첫째, 수온이 낮아질수록 부화율은 낮다, 둘째, 수온이 낮아질수록 부화일수가 길다, 셋째, 수온이 올라갈수록 부화한 개체의 크기는 작다. 본 연구의 결과를 통해 향후 야외 환경에서 지구온난화로 인해 상승한 수온이 개구리 알의 부화에 미치는 영향을 이해 할 수 있을 것이며, 추후에 개구리 개체 수와 서식지 분포의 변화를 예측하는데 중요한 자료가 될 것이다.

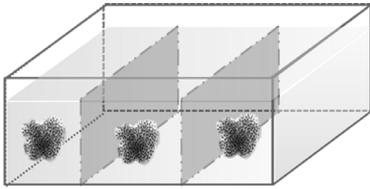
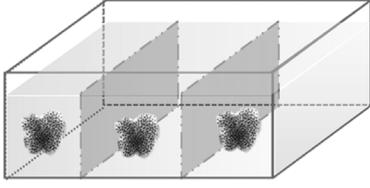
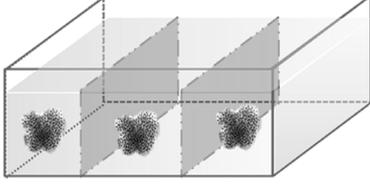
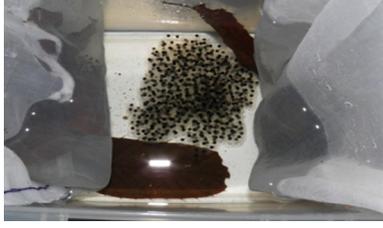
## 2. 연구 방법

### 2.1 개구리 채집 및 실험 조건

본 실험은 서울 노원구 상계동 수락산 일대(37° 40'55.86"N, 127° 05'19.99"E)에서 계곡산개구리(*Rana huanrensis*)의 난괴 9개를 2013년 3월 5일에 채집하여 진행하였다. 계곡산개구리의 동정은 국내의 도감을 참고하였다(Kim, 2011; Yang et al., 2001; Lee et al., 2011; Han and Kim, 2010). 계곡산개구리의 난괴는 빛이 통하는 망을 이용해 각 난괴를 분리하였으며, 한 개의 난괴 당 몇 개의 알이 들어있는지 세어 기록하였다. 채집된 9개의 난괴는 세 개씩 각각의 수조(24x17x18cm<sup>3</sup>)에 분리하였으며, 각각의 수조는 세 가지 다른 온도 조건으로 조절된 인큐베이터에 배치하였다(Fig. 1). 세 가지 온도 조건은 상대적으로 낮은 온도인 5±2°C로 조절된 저온조건(Low temperature condition; LT), 중간 온도인 10±2°C의 중온조건(Medium temperature condition; MT), 상대적으로 높은 온도인 13±2°C의 고온조건(High temperature condition; HT)으로 처리구를 구성하였다. 보다 정확한 결과를 위해 각 온도 별 수조는 동일한 산소량과 동일한 물 높이(13±0.5cm) 그리고 동일한 일조량(D:N=12:12)을 주었으며 매일 동일한 시각에 온습도계 및 수온계를 이용하여 인큐베이터 내부의 온도와 습도, 수조 안의 수온을 확인하였다.

### 2.2 개구리 알의 부화율 측정

각각 다른 온도조건 LT (5±2°C), MT (10±2°C), HT (13±2°C) 하에 배치한 수조를 하루 한번 동일한 시각에 꺼내어 개체 발생 정도와 부화율을 확인하였다. 개체가 부화할 때마다 개체수를 세었으며, 이때 부화한 개체는 난괴를 완전히 빠져 나와 스스로 헤엄을 치고 있는 개체만을 기록으로 남겼고, 난괴 안을 빠져 나오지 못하고 죽은 개체는

Temp. of treatment	Experiment Condition (1 set*3times)	Photo
LT ( $5 \pm 2^\circ\text{C}$ )	 <p style="text-align: center;">LT. 1 LT. 2 LT. 3</p>	
MT ( $10 \pm 2^\circ\text{C}$ )	 <p style="text-align: center;">MT. 1 MT. 2 MT. 3</p>	
HT ( $13 \pm 2^\circ\text{C}$ )	 <p style="text-align: center;">HT. 1 HT. 2 HT. 3</p>	

**Fig. 1.** Experimental design for the Huanren brown frog's egg developments. The nine Huanren brown frog egg's sacs were divided three groups and isolated in each three tanks (Tank was separated three spaces). And then, the tanks put on each incubator. Each incubator has the different temperature condition that, low temperature condition (LT,  $5 \pm 2^\circ\text{C}$ ), medium temperature condition (MT,  $10 \pm 2^\circ\text{C}$ ), and high temperature condition (HT,  $13 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

폐사한 개체로 기록하였으며, 위와 같은 방법으로 난괴에서 모든 개체가 부화할 때까지 측정하였다.

### 2.3 부화한 개구리 유생의 몸길이 측정

세 가지 온도조건 LT ( $5 \pm 2^\circ\text{C}$ ), MT ( $10 \pm 2^\circ\text{C}$ ), HT ( $13 \pm 2^\circ\text{C}$ )을 갖춘 각각의 수조에 있는 개구리 유생의 몸길이를 비교하기 위해 각각의 온도 구배 수조에서 부화한 유생 100개체를 임의로 선택하여 길이를 측정하였다. 이때, 부화 개체의 기준은 알 껍질을 완전히 벗어나 헤엄을 칠 수 있으며, 꼬리 끝이 잘리지 않은 개체로 정의하였으며, 개체의 길이는 코끝부터 꼬리 끝까지를 기준으로 측정하였다. 길이 측정이 끝난 유생의 경우 재 선택을 방지하기 위해 다른 수조로 격리하였다.

### 2.4 데이터의 처리

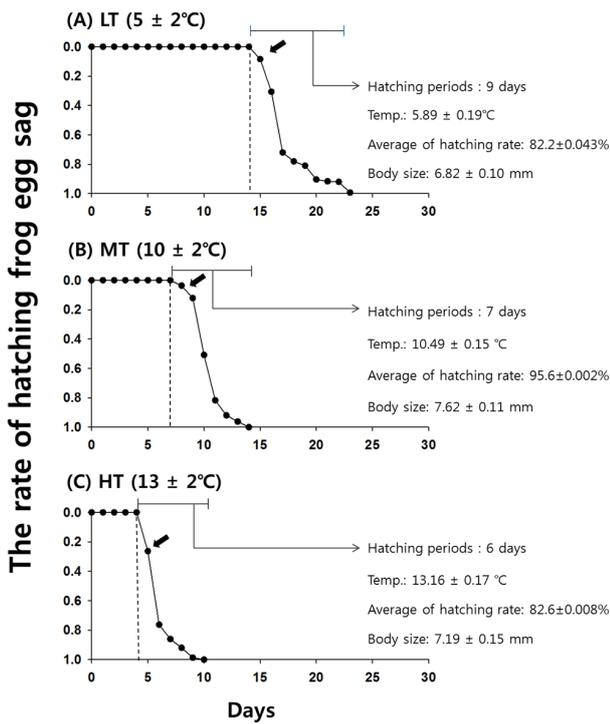
세 가지 온도 조건, LT ( $5 \pm 2^\circ\text{C}$ ), MT ( $10 \pm 2^\circ\text{C}$ ), HT ( $13 \pm 2^\circ\text{C}$ )에서 사육한 난괴 각각에서 난괴 당 알의 개수, 일별 부화 개체 수, 부화한 총 개체 수, 미 부화 개체수를 구하였다. 위의 데이터 중 난괴 당 알의 개수와 부화 개체수를 이용하여 부화율을 구하였으며, 일별 부화 개체 수 기록을 통해 실험 처리구별 최초 개체 부화일과 전체 개체 수

부화 기간을 구하였다. 온도의 경우, 실험 처리구의 온도 기록을 통하여 각각의 평균온도를 구하였다. 선택한 100개체는 각각의 개체 크기를 측정한 후 통계 프로그램을 이용해 온도 별 개체 크기의 평균 및 표준오차를 계산하였다. 마지막으로 온도별 개체의 평균값이 서로 유의하게 다른지 신뢰도 구간을 95%로 잡아 T-test를 통하여 검정하였다.

## 3. 결 과

### 3.1 세 가지 온도 조건에 따른 부화율

세 가지 온도 조건 별로 인큐베이터에 놓여진 계곡산개구리 난괴에 영향을 주는 수온의 변화를 측정 한 결과, LT ( $5 \pm 2^\circ\text{C}$ ) 조건에서 평균 수온은  $5.89 \pm 0.19^\circ\text{C}$ 이었고, MT ( $10 \pm 2^\circ\text{C}$ ) 조건의 평균 수온은  $10.49 \pm 0.15^\circ\text{C}$ 이었으며, HT( $13 \pm 2^\circ\text{C}$ ) 조건의 평균 수온은  $13.16 \pm 0.17^\circ\text{C}$ 로 측정되었다(Fig. 2). HT ( $13 \pm 2^\circ\text{C}$ )의 처리구에서 총 496개의 개체 중 409개체 (82.4%), 494개 중 415개체(84.0%), 644개 중 523개체(81.2%)가 부화하여, HT에서의 평균 부화율은  $82.6 \pm 0.008\%$ 로 측정되었다. MT ( $10 \pm 2^\circ\text{C}$ )의 처리구에서는 1,005개 중 964개체(95.9%), 883개 중 841개체(95.2%), 497개 중 476개체(95.7%)가 부화하여 평균 부화율은



**Fig. 2.** The hatching rate and body sizes of frog eggs for one month (2014. 3.5 ~ 2014. 3.28). The arrows (↘) are the hatch starting days at each treatment. (A) LT: 5 ± 2°C, (B) MT: 10 ± 2°C, (C) HT: 13 ± 2°C, under temperature-control incubator condition.

95.6 ± 0.002%로 확인되었다. LT (5 ± 2°C) 처리구에서는 각각 995개 중 848개체(85.2%), 874개 중 765개체(87.5%), 331개 중 244개체(73.7%)가 부화하여 LT의 평균 82.2 ± 0.043%의 부화율을 보였다. 위 결과에 대해 T-test를 한 결과, 온도 조건 별 세 그룹의 평균부화율은 통계적으로 차이가 나타났다(T-test p < 0.0000, Fig. 2).

### 3.2 온도 조건에 따른 부화일수

세 그룹에서의 부화일수에 대한 T-test 결과, T-test p < 0.0000으로 그룹 간 통계적 차이가 나타났다(Fig. 2). HT (13 ± 2°C) 처리구의 경우 수정란 상태에서 처음 부화까지 걸린 시간은 5일로 가장 빨랐으며, 이후 6일간 부화가 진행되었다. MT (10 ± 2°C) 처리구의 경우 8일 차에 처음 부화가 시작되었고, 이후 7일간 부화가 진행되었으며, LT (5 ± 2°C) 처리구의 경우 15일차에 처음 부화가 시작되어, 이후 9일간 부화가 진행되는 것을 관찰 하였다.

### 3.3 부화한 유생 개체의 크기

세 그룹에서의 유생 개체의 평균 크기는 통계적으로 차이가 나타났다(T-test p < 0.0000, Fig. 2). HT (13 ± 2°C) 처리구에서 부화한 계곡산개구리 유생 개체의 크기는 평균 7.19 ± 0.15mm로 측정되었고, MT (10 ± 2°C) 처리구에서 부화한 개체의 크기는 평균 7.62 ± 0.11mm으로 측정되었

으며, LT (5 ± 2°C) 처리구에서 부화한 개체의 크기는 평균 6.82 ± 0.10mm로 측정되었다.

## 4. 고찰

최근 수십 년간의 온도의 변화는 많은 생물체에게 영향을 주었다 (Peter, 1994). 그 중 양서류는 환경변화를 감지하는 지표 종으로 이러한 변화에 매우 민감하다고 알려져 있다 (Blaustein, 1994; Blaustein and Wake, 1990; Vitt et al., 1990).

본 연구를 진행하기에 앞서 설정 하였던 세 가지의 가설을 결과와 함께 고찰해보면, 첫째, 수온이 낮아질수록 부화율이 낮아질 것이라는 가설은 본 연구 결과 MT (10 ± 2°C)일 때 95.6 ± 0.002%, HT (13 ± 2°C)일 때 82.6 ± 0.008%, LT (5 ± 2°C)일 때 82.2 ± 0.043% 순으로 부화율이 감소하는 결과가 나타나 가설과 불일치함을 확인했다. 둘째, 수온이 낮아질수록 부화일수가 길어질 것이라는 가설은 본 실험결과가 LT (5 ± 2°C)일 때 23일, MT (10 ± 2°C)일 때 14일, HT (13 ± 2°C)일 때 10일이 소요되는 것으로 확인되어 온도가 낮을수록 부화기간은 길어지는 것을 확인하였고 이는 가설과 일치하는 결과였다. 그러나 수온이 올라갈수록 부화한 개체의 크기가 작아질 것이라 예상한 셋째 가설은 본 실험 결과에서 MT (10 ± 2°C)일 때 7.62 ± 0.11 mm, HT (13 ± 2°C)일 때 7.19 ± 0.15 mm, LT (5 ± 2°C)일 때 6.82 ± 0.10 mm 순으로 개체의 크기가 작아지는 것으로 나타나 가설과 일치하지 않는 결과가 나왔다. 한편 실험실 환경과의 비교를 위해 측정된 야외 환경에서의 평균수온은 5.95 ± 0.46°C로 가장 낮은 온도의 환경 LT (5 ± 2°C)의 평균 수온과 비슷한 수치를 보였으며, 부화한 개체의 평균 크기도 6.93 ± 0.14mm로 측정되었다. 이는 LT의 평균 크기 6.82 ± 0.10mm와 유사한 값을 나타내었다. Pettus and Angleton (1967)에 의하면 양서류인 *Rana pipience* 경우, 발생과 서식에 최적온도가 존재함이 입증되었고, 본 실험 결과에서 MT (10 ± 2°C) 조건에서 부화율과 개체 성장이 가장 높게 나타난 결과로 미루어 보아 계곡산개구리 또한 부화와 성장에 최적온도가 존재하는 것으로 예상된다.

본 연구에서는 온도 조건만을 통제하여 온도에 따른 계곡산개구리의 부화와 성장에 대해 서만 집중하여 진행하였으나, Raffel et al. (2006)과 Semlitsch and Gibbons (1985)에 따르면, 온도변화는 개체의 부화와 성장뿐만 아니라 개체의 면역체계와 서식처의 이동에도 영향을 미쳐 결과적으로 경쟁력 약화를 촉진 시킨다고 언급하였다. 따라서 변화하는 온도가 계곡산개구리에게 미치는 영향에 대한 본 연구는 향후 지구온난화에 따른 계곡산개구리의 개체군 변화를 이해하는데 큰 도움을 줄 것으로 기대된다. 또한, 본 연구를 통해 도출한 알에서 유체까지의 발생 결과를 바탕으로 다음 생활사 단계인 계곡산개구리 성체까지의 변태율과 크기에 미치는 영향에 대한 실험을 진행한다면 기후 변화에 적응하는 양서류 개체군에 대한 이해뿐만이 아니라 추

후 멸종위기종 보존대책 등에 대한 연구에 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

## 사 사

본 연구는 서울여자대학교 교내학술연구비를 지원받아 수행되었습니다.

## References

- Bachmann, K (1969). Temperature adaptations of amphibian embryos, *American Naturalist*, 103(930), pp. 115–130.
- Berven, KA, Gill, DE and Smith–Gill, SJ (1979). Counter–gradient selection in the green frog, *Rana calamitans*, *Evolution*, 33(2), pp. 609–623.
- Blaustein, AR (1994). Chicken Little or Nero’s fiddle? A perspective on declining amphibian populations, *Herpetologica*, 50(1), pp. 85–97.
- Blaustein, AR and Wake, DB (1990). Declining amphibian populations: A global phenomenon?, *Trends in Ecology and Evolution*, 5(7), pp. 203–204.
- Blaustein, AR, Walls, SC, Bancroft, BA, Lawler, JJ, Searle, CL and Gervasi, SS (2010). Direct and Indirect Effects of Climate Change on Amphibian Populations, *Diversity*, 2(2), pp. 281–313.
- Carey, C and Bryant, CJ (1995). Possible interrelations among environmental toxicants, amphibian development and decline of amphibian populations, *Environmental Health Perspectives*, 103(4), pp. 13–17.
- Cleland, EE, Chiariello, NR, Loarie, SR, Mooney, HA and Field, CB (2006). Diverse responses of phenology to global changes in a grassland ecosystem, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(37), pp. 13740–13744.
- Dorcas, ME, Hopkins, WA, Roe, JH and Douglas, ME (2004). Effects of body mass and temperature on standard metabolic rate in the eastern Diamondback rattlesnake (*Crotalus adamanteus*), *Journal Information, Copeia*, pp. 145–151.
- Fry, AE (1972). Effects of temperature on shortening of isolated *Rana pipiens* tail tips, *Journal of Experimental Zoology*, 180(2), pp. 197–207.
- Han, SH and Kim, HT (2010). *Frog Sounds of Korea*, Ilgongyuk Publisher. [Korean Literature]
- Hansen, J, Sato, M, Ruedy, R, Lo, K, Lea, DW and Medina–Elizade, M (2006). Global temperature change, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39), pp. 14288 – 14293.
- Hwang, IH, Sime, JE, Kim, HJ, An, CK, Hong, SG and Yi, HB (2014). The effect of three different water temperatures on Korea Salamander (*hynobius leechii*) larvae’s growth, *Restoration Ecology Institute*, 4(1), pp. 1–7
- Kim, JC. (2011). *Red Data Book of Endangered Amphibians and Reptiles in Korea*, National Institute of Biological Resources. [Korean Literature]
- Kollros, JJ. (1961). Mechanisms of amphibian metamorphosis: hormones, *American Zoologist*, 1(1), pp. 107–114.
- Kuramoto, Y and Tsuzuki, T (1976). Persistent Propagation of Concentration Waves In Dissipative Media Far from Thermal Equilibrium, *Progress of Theoretical Physics*, 55(2), pp. 0054–0687.
- Lee, JH, Jang, HJ and Hwa, SJ (2011). *Ecological guide book of Herpetofauna in Korea*, National Institute of Biological Resources. [Korean Literature]
- Pettus, D and Angleton, GM (1967). Comparative reproductive biology of montane and piedmont chorus frogs, *Evolution*, 21(3), pp. 500–507.
- Raffel, TR, Rohr, JR, Kiesecker, JM and Hudson, PJ (2006). Negative effects of changing temperature on amphibian immunity under field conditions, *Functional Ecology*, 20(5), pp. 819–828.
- Semlitsch, RD and Gibbons, JW (1985). Phenotypic variation in metamorphosis and paedomorphosis in the salamander *Ambystoma talpoideum*, *Ecology*, 66(4), pp. 1123–1130.
- Shoemaker, VH, Hillman, SS, Hillyard, SD, Jackson, DC, McClanahan, LL, Withers, PC and Wygoda, ML (1992). Exchange of water, ions, and respiratory gases in terrestrial amphibians, *Environmental physiology of the amphibians*, pp. 125–150.
- Stuart, SN, Chanson, JS, Cox, NA, Young, BE, Rodrigues, ASL, Fischman DL and Waller, RW (2004). Stratus and trends of amphibian declines and extinctions worldwide, *Science*, 306(5702), pp. 1783–1786.
- Viparina, S and Just, JJ (1975). The Life Period, Growth and Differentiation of *Rana catesbeiana* Larvae Occurring in Nature, *American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH)*, *Copeia*, pp. 103–109.
- Vitousek, PM (1994). Beyond Global Warming: Ecology and Global Change, *Ecology*, 75(7), pp. 1861 – 1876.
- Vitt, LJ, Caldwell, JP, Wilbur, HM and Smith, DC (1990). Amphibians as harbingers of decay, *Bioscience*, 40(6), pp. 418.
- Yang, SY, Kim, JM, Suck, MM, Hwa, JH and Kang, YJ (2001). *Monograph of Korean Amphibia*, Academy Book. [Korean Literature]