

수락산에 서식하는 계곡산개구리(*Rana huanrensis* Fei, Ye & Huang, 1991) 유생의 서식지 면적에 따른 생장률 연구The Effect of Habitat Size on Huanren Brown Frog (*Rana huanrensis*) Larvae's Growth Rate in Mt. Surak나수미¹ · 엄예원² · 김현정³ · 안치경⁴ · 이훈복^{1,2,3*}¹서울여자대학교 대학원, 생명환경공학과, ²서울여자대학교, 생명환경공학과, ³서울여자대학교, 생물학과, ⁴녹인Sumi Na¹, Yewon Um², Hyun-jung Kim³, Chi-Kyung An⁴ and Hoonbok Yi^{1,2,3*}¹Department of Bio & Environmental Technology, Graduate School of Seoul Women's University, Seoul, 139-774 Korea²Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University, Seoul, 139-774 Korea³Department of Biology, School of Seoul Women's University, Seoul, 139-774 Korea⁴Login

Received 3 February 2017, revised 23 May 2017, accepted 23 May 2017, published online 30 June 2017

ABSTRACT: This study was executed to know the effect of the habitat size on huanren brown frog (*Rana huanrensis*) larvae's growth. We've conducted the study on Mt. Surak in Sanggye-dong, Nowon-gu, Seoul. Our study site was discriminated the huanren brown frog larvae's habitat into the three different areas, such as small area (S1, 3.91 m²), middle area (S2, 4.42 m²), and large area (S3, 38.37m²) in the same water channel. We measured two times per a week the 15 huanren brown frog larvae's body length, and developmental stages (foreleg, hind leg, tail length) including the environmental factors (humidity, air temperature and water temperature) of the study site from March 30 to June 28 in 2016. The only hatching rate was measured for the three egg sacs at the S2 study site. We found that the average hatching rate was 76.84 ± 18.23 (%) at S2. Generally, because of less precipitation during our study periods, all habitat areas for our study site were gradually decreased. The middle area, S2, was not reduced, the small area, S1, was reduced more than a fourth, and the largest area, S3, was drastically reduced more than half from initial area. There was no statistically difference among the three study sites for the three environmental factors (average humidity, average air temperature, and average water temperature) by F-test, but there were significant difference among the three site for the larvae's body length (F-test p < 0.05). Therefore, the larger of habitat areas, the larger of the larvae length as well as the faster of the larvae's developmental stages. When we measured the body lengths of immature huanren brown frogs, the immature frog of S1 was smallest, the immature frog of S3 was middle length, and the immature frog of S2 was largest. There were statistically different among the three study sites for the immature huanren brown frogs (F-test, p < 0.05). Because the S2 study site was relatively stable without rarely changing the study area, it meant that huanren brown frog was sensitive to habitat areas. Based on the results of this study, if we study on the effect of the altitude on the growth rate of huanren brown frog, it must be helpful in understanding the habitat environment of the population of huanren brown frog.

KEYWORDS: Habitat size, Hatching rate, Huanren brown frog, SVL

요 약: 본서식지의 면적이 계곡산개구리 (*Rana huarenensis*)에게 미치는 영향을 알아보기 위하여 서울시 노원구 상계동에 위치한 수락산 일대 계곡에서 연구를 실시하였다. 조사지역은 계곡을 계곡산개구리 서식지의 면적의 크기에 따라 가장 좁은 면적의 S1(3.91m²), 중간 면적의 S2(4.42m²), 가장 넓은 면적의 S3(38.37m²), 3곳으로 나눈 후 각 조사지역에서 3월부터 6월까지 주 2회 15개체의 계곡산개구리 유생을 무작위로 포획하여 개체의 길이를 측정하였으며, 계곡의 습도, 기온, 수온을 측정하였다.

*Corresponding author: yih@swu.ac.kr, ORCID 0000-0002-0227-2742

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

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.

부화율은 S2지점에서 세 개의 난괴를 채집하여 측정하였다. 실험구별 서식지의 면적을 측정한 결과, 실험기간 중 강우량이 적었기 때문에 모든 실험구의 서식지 면적이 감소하였으며, S2지점은 눈에 띄게 줄어들지 않았으나, S1은 원래 서식지의 4분의 1이 줄어들었으며 S3지점은 2분의 1이 감소하였다. 실험구별 평균대기습도와, 실험구별 평균기온, 실험구별 평균수온은 F-test 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 부화율을 분석한 결과, 평균 부화율은 $76.84 \pm 18.23\%$ 으로 확인되었다. 실험구별 유생 개체의 길이를 측정 한 결과, 통계적으로 차이가 있었으며, 서식지의 면적이 넓어짐에 따라 개체의 길이가 증가하였다 (F-test $p < 0.05$). 발생기간을 측정한 결과, 서식지의 면적이 넓을수록 개체의 발생속도가 빨라짐을 확인하였다. 실험구별 아성체 개체의 평균 길이를 분석한 결과, 통계적으로 차이가 있었으며, 개체의 길이는 S1, S3, S2순서로 증가하였다. 서식지 면적 변화가 없었던 S2의 개체의 크기가 가장 큰 것으로 보아 본 연구를 통해 계곡산개구리의 서식지 면적의 민감성을 알 수 있었다 (F-test $p < 0.05$). 추후 본 연구의 결과를 바탕으로 고도의 차이가 계곡산개구리의 생장에 미치는 영향에 대한 실험을 진행한다면 계곡산개구리 개체군의 서식환경을 이해하는데 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

핵심어: 서식지면적, 부화율, 계곡산개구리, SVL

1. 서론

지구 온난화로 인해 지구 평균 기온은 지난 90년 동안 약 0.6°C 증가하였으며 빠른 속도로 1°C 까지 계속 증가할 전망이다 (Root et al. 2003). 연간 지구 온도는 지난 20~25년간 크게 증가하고 있으며 전 세계적으로 많은 양서류 종이 계속 감소하고 있고 몇몇은 멸종하고 있다 (Blaustein and Wake 1990, 1995; Blaustein et al. 1994; Carey and Alexander 2003, Collins and Storer 2003, Houlahan et al. 2000, Kiesecker et al. 2001, La Marca et al. 2005, Laurance 1996, Lips 1998, Pounds 2001, Pounds and Crump 1994, Stuart et al. 2004). 최근 발생하고 있는 지구온난화는 기온, 강수량, 일조량 등에 따라서 결정되는 양서류의 번식지 출현 시기에 영향을 미칠 것으로 예상된다 (Heo et al. 2013). 이러한 환경의 변화는 양서류 서식지를 파괴시키며 (Saunders et al. 1987, Marsh and Pearman 1997, Lindenmayer et al. 1999), 양서류군집의 안정성을 감소시킨다 (Pausas et al. 1995, Pearman 1997). 지난 반세기 동안 세계 도처에서 진행되고 있는 환경오염 및 서식지의 감소는 양서류 다양성의 감소를 초래하였고 이는 먹이 연쇄의 구조와 기능을 변화시켜 생태계의 교란요인으로 부각되었다 (Cogger and Zweifel 1998).

양서류는 생태계 구성에 있어서 먹이사슬의 중간단계에 있으며, 생태계의 안정성을 위해 매우 중요한 분류군으로, 육상 및 수서 곤충을 포식하며 생활하고 파충류, 포유류, 조류의 주요 먹이원이 된다 (Song et al. 2009). 양서류 유생은 수중생태계의 1차 소비자이자, 상위 포식자의 중요한 먹이 자원이며, 성체는 육상과

수생생태계의 먹이사슬을 연결시켜주는 역할을 담당한다. 또한 양서류는 피부호흡을 하고 유생에서 성체로 변태하는 시기에 취약하며, 산란된 알이 외부환경에 직접 노출되어 있기 때문에 환경변화에 민감한 반응을 보인다. 따라서 양서류는 환경변화를 감지하고 (Lips et al. 2001) 습지생태계 건강성을 평가할 수 있는 효과적인 생물 지표로 널리 인식되고 있다 (Wyman 1990).

야생동물의 서식지는 여러 유형의 환경 요소로 이루어져 있으며 종의 분포와 서식지 이용 패턴은 각 종이 선호하는 자원의 이용 방식에 따라 달라진다 (Li et al. 1997). 한국산개구리의 산란분포는 고도 200 m 이하에서 주로 이루어지고 있으며, 계곡산개구리의 경우, 200 m에서 1,000 m까지 이루어지고 있다. 따라서 양서류의 서식지의 산란특성을 파악하는 것은 향후 기후변화에 대한 생물모니터링에 있어서도 중요한 사항이 될 수 있다 (Gye 2003). 또한 산림의 수직적 구조와 환경 요소가 개체군의 분포에 미치는 영향과 이들 간의 상호작용을 이해하는 것은 야생동물의 분포를 예측하고 보전하는데 있어서 중요하다고 할 수 있다 (Ji and Jeske 2000).

이에 본 연구는 양서류 중 척삭동물문 양서강 무미목 개구리과에 속해있는 계곡산개구리 (*Huanren brown frog, Rana huanrensis*)를 통하여 자연 서식지에서의 계곡산개구리 알의 부화율, 개체의 길이, 아성체 개체의 길이, 평균 대기습도, 기온, 수온을 알아보고자 하였으며 이에 다음과 같은 가설을 설정하여 연구를 진행하였다. 서식지의 면적이 넓을수록 개체의 길이가 길어질 것이다. 서식지의 면적이 넓을수록 개체의 변태기간이 줄어들 것이다. 또한, 부화율이 82.6% 이하일 것이다. 이때 부화율의 설정은 Na et al. (2015) 연구를 참조하였다.

서식지의 면적에 따른 계곡산개구리의 성장률에 대한 본 연구는 향후 지구온난화에 따른 서식지의 면적 감소가 계곡산개구리에 미치는 영향을 이해하는데 도움을 줄 것으로 기대된다.










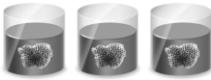

2. 연구 방법

2.1 연구 지역 및 실험방법

본 연구는 2016년 3월 30일 서울 노원구 상계동 수락산 일대 (37°40'55.86"N, 127°05'19.99"E)에 서식하는 계곡산개구리 (*Rana huarenensis*)를 이용해 진행하였

다. 수락산 일대 계곡을 계곡산개구리 서식지 면적의 크기에 따라 가장 좁은 면적의 S1 (37°41'00.4"N, 127°05'16.2"E; 150 m), 중간 면적의 S2 (37°40'59.4"N, 127°05'14.8"E; 120m), 가장 넓은 면적의 S3 (37°40'55.5"N, 127°05'21.1"E; 90 m)로 3개의 조사지역으로 나눈 후 각 조사지역마다 주 2회 15개체를 무작위로 포획하여 개체의 발생정도와 개체의 길이를 측정하였으며, 수온계와 온습도계측정기를 이용하여 습도, 기온, 수온을 확인하였다. 부화율은 S2 지점에서 세 개의 난괴를 지정하여 측정 하였으며, 3개의 난괴는 각각 T1, T2, T3으로 명명하였다 (Table 1).

Table 1. Experimental design for the Huanren brown frog's egg developments. S1, S2, S3, under habitat size control condition. Hatching rate was determined in S2, three egg's sacs were respectively named T1, T2, T3.

Treatment	Experiment Condition (1 set)	Photo	
		2016. 3. 30	2016. 6. 28
S1			
		3.91 m ²	3.45 m ²
S2			
		4.42 m ²	4.28 m ²
S3			
		38.37 m ²	11.37 m ²
T1, T2, T3			

2.2 서식지 면적 측정

서식지 면적 측정은 2016년 3월 30일과 2016년 6월 28일 총 2회 시행하였다. 계곡을 가로질러 사선으로 가장 긴 부분과 짧은 부분을 측정하여 면적을 구하였다. 이때 측정 방법은 1회와 2회 동일하게 측정하였다.

2.3 부화율 측정

실험군 S2의 난괴 중 3개 (T1, T2, T3)를 실험 대상으로 지정하여 주 2회 개체의 발생 정도와 부화율을 확인하였다. 개체가 부화할 때마다 개체수를 세며, 이때 부화한 개체는 난괴를 완전히 빠져 나와 스스로 헤엄을 치고 있는 개체만을 기록하였다. 난괴 안을 빠져 나오지 못하고 죽은 개체는 폐사한 개체로 기록하였으며, 위와 같은 방법으로 난괴에서 모든 개체가 부화할 때까지 측정하였다.

2.4 개체의 길이 측정

각각의 실험군 S1, S2, S3는 주 2회 수온과 대기온도, 대기습도, 발달정도, 개체의 길이가 측정되었다. 측정 대상은 각 실험구 내 무작위로 포획된 15개체로 지정하였으며, 개체의 길이는 머리의 끝부터 꼬리의 끝을 기준 (SVL: Snout-vent length)으로 측정되었다.

2.5 개구리의 발생 정도 측정

각 실험군의 개체 성장 정도를 주 2회 측정하였다. 발생 정도는 3단계 즉 뒷다리 발생, 앞다리 발생, 꼬리 퇴화로 나누어 기록하였으며, 측정 대상은 각 실험구 내 무작위로 포획된 15개체 중 뒷다리가 발생된 개체로 지정하였다. 뒷다리 측정과 앞다리 측정은 1 mm 이상 발생하였을 때 기록하고, 꼬리 퇴화는 개체의 꼬리가 완전히 사라졌을 때 기록하였다.

2.6 아성체 개체 길이 측정

실험군 S1, S2, S3는 아성체의 길이를 비교하기 위해 각각의 실험구에서 무작위로 포획된 15개체들 중 아성체를 달성한 개체를 측정하였다. 아성체 길이 측정은 뒷다리와 앞다리가 발생하고 나오고 꼬리가 완전히 사라졌을 때 기록하였다.

2.7 데이터 처리

실험군 S1, S2, S3에서 주 2회 개체의 발생정도, 개체의 길이를 주 2회 조사하였다. 기온과 습도, 수온을 측정하고 측정 기록을 평균내어 각 실험구의 평균값을 구하였으며, 개체 길이와 발생정도는 통계 프로그램을 통해 실험구별 평균과 오차를 계산하였다. 마지막으로 실험구별 평균값이 서로 유의하게 차이가 있는지 검증하기 위하여 F-test를 실행하였다.

3. 결과

3.1 서식지 면적 변화

실험구별 서식지의 면적을 측정 한 결과, 실험시작일인 2016년 3월 30일의 서식지 면적은 S1은 3.91 m^2 , S2는 4.42 m^2 , S3는 38.37 m^2 로 측정되었으나, 실험 종료일인 2016년 6월 28일의 서식지 면적은 S1은 3.45 m^2 , S2는 4.28 m^2 , S3는 11.37 m^2 로 줄어들었다 (Table 1).

3.2 실험구별 평균대기습도

실험구별 평균대기습도를 측정 한 결과, S1의 평균 대기습도는 $49.40 \pm 2.88\%$, S2는 $54.08 \pm 2.97\%$, S3는 $48.42 \pm 3.40\%$ 로 측정되었다 (Fig. 1 a).

3.3 실험구별 평균기온

실험구별 평균기온을 측정 한 결과, S1의 평균대기온도는 $24.99 \pm 1.26^\circ\text{C}$, S2는 $22.98 \pm 1.22^\circ\text{C}$, S3는 $24.19 \pm 0.99^\circ\text{C}$ 로 측정되었다 (Fig. 1 b).

3.4 실험구별 평균수온

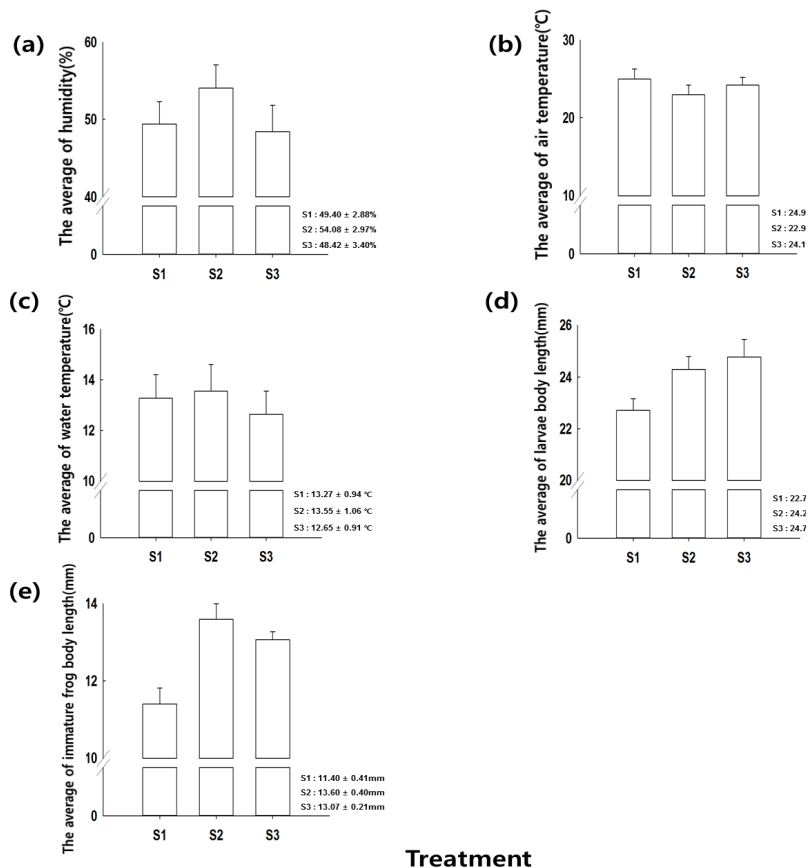
실험구별 평균수온을 측정 한 결과, S1의 평균수온은 $13.27 \pm 0.94^\circ\text{C}$, S2는 $13.55 \pm 1.06^\circ\text{C}$, S3는 $12.65 \pm 0.91^\circ\text{C}$ 로 측정되었다 (Fig. 1 c).

3.5 부화율 결과

난괴의 부화율을 각각 측정한 결과, T1은 총 303개의 개체 중 301개체가 부화하여 99.34%, T2는 총 216개의 개체 중 88개체가 부화하여 40.74%, T3는 총 345

Table 2. The Huanren brown frogs' hatching rate on each treatment. Hatching rate was determined in S2, three egg's sacs were respectively named T1, T2, T3.

Treatment	T1	T2	T3
No. of Total Individuals ($\Sigma = 864$)	303	216	345
No. of Hatching Individuals ($\Sigma = 701$)	301	88	312
No. of Non-hatching Individuals ($\Sigma = 163$)	2	128	33
Hatching rate (%) (Averaged hatching rate: 76.84 ± 18.23)	99.34	40.74	90.43

**Fig. 1.** (a) The average of humidity, (b) The average of air temperature, (c) The average of water temperature, (d) The average of larvae body length, (e) The average of immature frog body length. S1, S2 and S3 under habitat size control condition.

개의 개체 중 312개체가 부화하여 90.34%의 부화율로 측정되었다. 그 결과 계곡산개구리의 최종 평균 부화율은 $76.84 \pm 18.23\%$ 으로 확인되었다 (Table 2).

3.6 실험구별 유생 개체의 길이

실험구별 계곡산개구리 유생 개체의 길이를 측정 한

결과, S1의 개체의 평균 길이는 22.71 ± 0.45 mm, S2는 24.29 ± 0.50 mm, S3는 24.77 ± 0.68 mm로 측정되었다. 위 결과에 대해 F-test를 한 결과, 실험구별 개체의 길이는 통계적으로 차이가 나타났다 (F-test $p < 0.05$, Fig. 1 d).

3.7 고도별 개구리의 발생

3.7.1 뒷다리 발생

연구 시작 일로부터 첫 뒷다리 발생 개체를 발견한 기간은 S1, S2, S3의 모든 실험구가 74일로 측정되었으며, 평균 개체의 길이는 각각 S1은 30.58 ± 0.05 mm, S2은 34.13 ± 0.05 mm, S3는 35.80 ± 0.06 mm로 측정되었다.

3.7.2 앞다리 발생

연구 시작 일로부터 첫 앞다리 발생 개체를 발견한 기간은 S1은 90일, S2은 74일, S3는 74일로 측정되었으며, 평균 개체의 길이는 각각 S1은 33 mm, S2는 32 mm, S3는 34.25 ± 0.17 mm로 측정되었다.

3.7.3 꼬리 퇴화

연구 시작일로부터 첫 꼬리 퇴화 개체를 발견한 기간은 S1은 90일, S2는 83일, S3는 83일로 측정되었다.

3.8 실험구별 아성체 개체의 길이

실험구별 계곡산개구리 개체의 길이를 측정 한 결과, S1의 개체의 평균 길이는 11.40 ± 0.41 mm, S2는 13.60 ± 0.40 mm, S3는 13.07 ± 0.21 mm로 측정되었다. 위 결과에 대해 F-test를 한 결과, 실험구별 개체의 길이는 통계적으로 차이가 나타났다 (F-test $p < 0.05$, Fig. 1 e).

4. 고찰

야생동물의 서식지는 여러 유형의 환경 요소로 이루어져 있으며 종의 분포와 서식지 이용 패턴은 각 종이 선호하는 자원의 이용 방식에 따라 달라진다 (Li et al. 1997). 따라서 양서류의 서식지의 산란특성을 파악하는 것은 향후 기후변화에 대한 생물모니터링에 있어서도 중요한 사항이 될 수 있다 (Gye, 2003). 이에 본 연구는 자연 서식지에서의 계곡산개구리의 생장률을 알아보기 위해 진행되었다.

실험구별 서식지의 면적을 측정한 결과, 실험시작일인 2016년 3월 30일과 실험 종료일인 2016년 6월 28일 사이에 모든 실험구의 서식지 면적이 감소하였다. S1은 3.91m^2 에서 3.45m^2 로 감소하였으며, S2는 4.42m^2 에서 4.28m^2 로 감소하였고, S3는 38.37m^2 에서 11.37m^2 로 감소하였다. 이 결과 S3지점이 가장 큰 폭으로 서식

지 면적이 줄어들었음을 확인할 수 있었다.

실험구별 평균대기습도는 S1에서 $49.40 \pm 2.88\%$, S2에서 $54.08 \pm 2.97\%$, S3에서 $48.42 \pm 3.40\%$ 으로 측정되었고, 실험구별 평균기온은 S1에서 $24.99 \pm 1.26^\circ\text{C}$, S2에서 $22.98 \pm 1.22^\circ\text{C}$, S3에서 $24.19 \pm 0.99^\circ\text{C}$ 으로 측정되었으며, 실험구별 평균수온은 S1에서 $13.27 \pm 0.94^\circ\text{C}$, S2에서 $13.55 \pm 1.06^\circ\text{C}$, S3에서 $12.65 \pm 0.91^\circ\text{C}$ 로 측정되었으나 F-test결과 세 가지 요소는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

계곡산개구리의 평균부화율을 분석한 결과, T1은 99.34%, T2는 40.74%, T3는 90.34%의 부화율로 나타났다. 계곡산개구리의 최종 평균 부화율은 $76.84 \pm 18.23\%$ 으로 측정되었다.

실험구별 유생 개체의 평균 길이를 분석한 결과, S1은 22.71 ± 0.45 mm, S2은 24.29 ± 0.50 mm, S3는 24.77 ± 0.68 mm로 측정되었으며, F-test결과 유의함으로 나타났다. 위의 결과로 보아 서식지의 면적이 넓을수록 개체의 길이가 늘어남을 확인할 수 있었다.

연구 시작 일로부터, 첫 뒷다리 발생 개체를 발견한 기간은 S1, S2, S3의 모든 실험구가 74일로 측정되었으며 첫 앞다리 발생 개체를 발견한 기간은 S1은 90일, S2은 74일, S3는 74일로 측정되었고 첫 꼬리 퇴화 개체를 발견한 기간은 S1은 90일, S2은 83일, S3는 83일로 측정되었다. 이 결과 서식지의 면적이 넓을수록 개체의 변태기간이 짧아짐을 입증하였다.

실험구별 아성체 개체의 평균 길이를 분석한 결과, S1은 11.40 ± 0.41 mm, S2은 13.60 ± 0.40 mm, S3는 13.07 ± 0.21 mm로 측정되었으며, F-test결과 유의함으로 나타났다. 그러나 앞서 명시한 실험구별 평균대기 습도, 평균기온, 평균습도의 결과는 유의하지 않았기 때문에 개체의 길이의 차이가 세 요소는 무관한 것으로 판단되며, 따라서 이러한 차이에는 실험구별 서식지의 면적과 수량의 변화가 영향을 미쳤을 것으로 예상된다. Pearman (1993)에 따르면 서식지의 면적이 양서류 개체의 길이에 영향을 미칠 수 있음을 언급하였으며, Kim and Jung (2014)은 물이 마를 위험이 있는 서식지에서 사는 양서류는 물이 마를 위험이 없는 서식지에 사는 양서류 보다 SVL이 작게 나타남을 밝혔다. 세 실험구중 S3 실험구의 서식지 면적이 38.37m^2 에서 11.37m^2 로 가장 큰 폭으로 감소되었기 때문에 위와 같은 결과가 나타났다.

본 연구와 인위적 환경을 조성한 Na et al. (2015)의 결과를 비교 분석해보았을 때 자연 상태 개체의 부화율 평균은 $76.84 \pm 18.23\%$ 이었으나 인위적 환경을 조성한 개체의 부화율 평균은 $82.56 \pm 0.81\%$ 로 자연 상태에서보다 높은 결과로 나타났다. 자연 상태 개체의 뒷다리 발생기간 평균은 74일, 앞다리 발생기간 평균은 79.33일, 꼬리 퇴화 기간 평균은 85.33일이었으나 인위적 환경을 조성한 개체의 뒷다리 발생기간은 80일, 앞다리 발생기간은 88일, 꼬리 퇴화 기간은 91일로 자연 상태에서보다 긴 기간으로 측정되었다.

자연 상태 아성체 개체의 길이는 12.69 ± 0.24 mm ($n=45$)이었으나 인위적 환경을 조성한 아성체의 길이는 17.00 ± 0.00 ($n=2$)로 자연 상태의 결과와 비교해보았을 때 유의미한 차이가 났다. 위의 결과를 분석해보았을 때 인위적 환경에서의 개체는 자연 상태의 기후, 천적과 같은 외적인 스트레스가 차단되었기 때문에 개체의 성장에 긍정적인 영향을 미쳤다고 예상된다.

본 연구에서는 서식 면적에 따른 계곡산개구리의 생활률 차이에 집중하여 연구를 진행하였으나, Song and Lee (2009)에 따르면 양서류 종에 대한 전국분포 현황 및 서식현황에 대한 연구들은 각종 보고서나 논문 등을 통해 발표되고 있으나, 각 종에 대한 고도별 분포 연구는 매우 빈약한 실정이라고 언급 하였으며, 또한 Gye (2003)는 양서류의 고도별 산란특성을 파악하는 것은 향후 기후변화에 대한 생물모니터링에 있어서도 중요한 사항이 될 수 있음을 주장하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 추후 고도의 차이가 계곡산개구리의 성장에 미치는 영향에 대한 실험을 진행한다면 계곡산개구리 개체군의 서식환경을 이해하는데 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

사 사

이 논문은 2016학년도 서울여자대학교 기초연구비의 지원을 받았음.

References

- Beebee, T.J. and Griffiths, R.A. 2005. The amphibian decline crisis: a watershed for conservation biology?. *Biological Conservation* 125(3), 271-285.
- Blaustein, A.R. and Wake, D.B. 1995. The puzzle of declining amphibian populations. *Scientific American* 272(4), 52-57.
- Blaustein, A.R., Wake, D.B., and Sousa, W.P. 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conserv Biol* 8: 60-71.
- Blaustein, A.R. and Wake, D.B. 1990. Declining amphibian populations: a global phenomenon? *Trends Ecol Evol* 5: 203-204.
- Carey, C. and Alexander, M.A. 2003. Climate change and amphibian declines: is there a link? *Divers Distrib* 9: 111-121.
- Cogger, H.G., Zweifel, R.G., and Kirshner, D. 1998. *Encyclopedia of reptiles & amphibians*. Weldon Owen.
- Collins, J.P. and Storer, A. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Divers Distrib* 9: 89-98.
- Kim, E.J. and Chung, H. 2014. A Study on Body Condition by Habitat in Larvae Korea Salamander. *Korean J. Environ. Biol* 32(1), 68-74. (in Korean)
- Houlahan, J.E., Findley, C.S., Schmidt, B.R., Meyer, A.H. and Kuzmin, S.L. 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature* 404: 752-755.
- Song, J.E. and Lee, I.S. 2009. Elevation Distribution of Korean Amphibians. *The Korean Society of Herpetologists* 1.1: 15-19. (in Korean)
- Song, J.E., Kim, M.S., Kim, I.S., Kim, H.T., Roh, I., Seo, S.W., Seo, E.K., Seo, J.K., Yang, J.Y., Woo, K.D., Won, H.J., lee, Y.G., Lim, Y.H., Han, S.H. and Moon, M.G. 2009. Roadkill of Amphibians in the Korea National Park. *korean Journal of environment and ecology* 23(2): 187-193. (in Korean)
- Ji, W. and Jeske, C. 2000. Spatial modeling of the geographic distribution of wildlife populations: a case study in the lower Mississippi river region. *Ecological Modelling* 132(1): 95-104.
- Heo, J.H., li-hun Kim, kim, J.K., lee, H.J., Jeong, S.M., Ra, N.Y., lee, J.H. and Park. D.S., 2013. Climate Parameters Influencing the Breeding Migration of *Rana Huarenensis* and *Hynobius leechii* in Woraksan National Park. *The Korean Society of Herpetologists*: 35-36. (in Korean)
- Kiesecker, J.M., Blaustein, A.R. and Belden, L.K. 2001. Complex causes of amphibian declines. *Nature* 410: 681-683.
- La Marca, E., Lips, K.R., Lotters, S., Puschendorf, R., Ibanez, R., Rueda-Almonacid, J.V., Schulte, R., Marty, C., Castro, F., Manzanilla-Puppo, J., Garcia-Perez, J.E., Bolanos, F., Chaves, G., Pounds, J.A., Toral, E. and Young, B.E. 2005. Catastrophic population declines and extinctions in neotropical Harlequin frogs (Bufonidae: *Atelopus*). *Biotropica* 37: 190-201.
- Laurance, W.F. 1996. Catastrophic declines of Australian rain-forest frogs: is unusual weather responsible? *Biol Conserv* 77: 203-212.

- Li, W., Wang, Z., Ma, Z., and Tang, H. 1997. A regression model for the spatial distribution of red-crown crane in yancheng Biosphere Reserve. China. *Ecological Modelling* 103(2): 115-121. (in Chinese)
- Lindenmayer, D.B., Cunningham, R.B., Pope, M.L. and Doonnelly, C.F. 1999. The response of arboreal marsupials to landscape context: a large-scale fragmentation study. *Ecological Application* 9: 594-611.
- Lips, K.R. 1998. Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conserv Biol* 12: 106-117.
- Lips, K.R., Reaser, J.K. Young, B.E. and Ibanez, R. 2001. Amphibian monitoring in latin america; a protocol manual. The Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- Marsh, D.M. and Perman. P.B. 1997. Effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of Leptodactylid frogs in an Andean montane forest. *Conservation Biology* 11: 1323-1328.
- Myung. C.G. 2003. Amphibian Fauna in the Mt. Myungji. *Korean Journal of Environmental Biology*. 21.2: 203-207. (in Korean)
- Pausas, J. G., Braiyhwaite. L.W. and Austin. M.P. 1995. Modelling habitat quality for arboreal marsupials in the South Coastal forests of New South Wales, Australia. *Forest Ecology and Management* 78: 39-49.
- Pearman, P.B. 1997. Correlates of amphibian diversity in an altered landscape of Amazonian Ecuador. *Conservation Biology* 11: 1211-1225.
- Pearman, P.B. 1993. Effects of habitat size on tadpole populations. *Ecology*: 1982-1991.
- Pounds, J.A. 2001. Climate and amphibian declines. *Nature* 410: 639-640.
- Pounds, J.A. and Crump. M.L. 1994. Amphibian declines and climate disturbance: the case of the golden toad and the harlequin frog. *Conserv Biol* 8: 72-85.
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C. and Pounds, J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421(6918), 57-60.
- Saunders, D.A., Arnoil, G. W., Burbidge, A.A. and Hopkins, A.J.M. 1987. *Nature Conservation: The Role of Remnants Of Native Vegetation*. Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton.
- Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodngues, A.S.L., Fischman, D.L. and Waller, R.W. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306: 1783-1786.
- Na, S.M., Hwang, J.S., Jeon, H.J., Kim, H.J., An, C.K. and Yi, H.B. 2015. The effect of three different water temperatures on Huanren brown frog (*Rana huanrenensis*. Fei, Ye & Huang, 1991)'s growth. *Cheongchonongchon*. 17, 271-288. (in Korean)
- Na, S.N., Shim, J.E., Kim, H.J., An, C.K. and Yi, H.B. 2015. The effect of three different water temperatures in our research facility on Huanren brown frog (*Rana huanrenensis*) egg's hatching rate, hatching periods, and larvae's growth. *Journal of Wetlands Research*, 17(3), 320-324. (in Korean)
- Wyman, R.L. 1990. What's happening to the amphibians? *Conservation Biology* 4: 350-352.