

제주도에 서식하는 청개구리 *Hyla japonica*의 크기 다양성과 서식지 환경과의 관계¹

구교성²·권세라³·박일국⁴·오홍식^{5*}

Relationship between Body Size Variation and Habitat Environment of *Hyla japonica* in Jeju Island, South Korea¹

Kyo Soung Koo², Sera Kwon³, Il Kook Park⁴, Hong-Shik Oh^{5*}

요약

생물의 몸 크기와 환경의 관계에 대해서는 오래전부터 현재까지 활발하게 진행되고 있는 연구의 한 분야이다. 최근까지도 생물의 크기와 서식지 환경과의 관계를 설명하는 생태지리학적 법칙 ecogeographic rule을 바탕으로 이를 규명하고자 하는 연구들이 다양한 동물 그룹을 대상으로 이루어지고 있다. 본 연구에서는 남한의 최남단에 위치한 섬 제주도에 서식하는 청개구리(*Hyla japonica*)를 대상으로 서식지 환경과 생물의 크기와의 관계를 확인하기 위한 연구를 진행하였다. 제주도 내에서 발견되는 청개구리 번식지 3개 지점(천지, 봉개, 애월)에서 연구가 진행되었다. 각 개체군의 SVL, HW, BW를 측정하였으며, 크기에 미치는 환경 요인을 분석하기 위해 고도, 경도, 위도, 연평균 기온, 연평균 강수량을 측정하였다. 연구결과, 지역에 따른 청개구리의 크기 차이는 뚜렷했으며, 애월 집단의 크기가 가장 컸고, 천지 집단이 가장 작았다. 청개구리 크기에 영향을 미치는 환경 요소는 고도가 가장 중요하게 나타났으며, SVL, HW, BW에서 뚜렷한 양의 상관관계를 보여주었다. 청개구리의 크기는 높은 고도로 갈수록 커졌으며, 이러한 경향성은 크기와 관련된 생물학적 법칙 중 하나인 베르그만의 룰에서의 설명과 일치하였다. 결론적으로 서식지의 환경은 청개구리의 크기에 영향을 줄 수 있으며, 지역에 따라 일정한 방향성을 가지며 나타남을 알 수 있음을 보여준다.

주요어: 생태지리학적 법칙, 형태, 적응, 양서류

ABSTRACT

The relationship between the body size of species and the environment has been an active research subject for many years. Until recently, studies had focused on the relationship between the body size and environment based on the ecogeographic rule for various animal groups. In this study, we examined the relationship between body size of *Hyla japonica* and the habitat environment in Jeju island located at the southernmost part of the Korean peninsula. We collected *H. japonica* from three breeding sites, Cheonji, Bonggae, and Aewol, and

1 접수 2018년 8월 28일, 수정 (1차: 2018년 10월 16일, 2차: 2018년 10월 25일), 게재확정 2018년 10월 31일
Received 28 August 2018; Revised (1st: 16 October 2018, 2nd: 25 October 2018); Accepted 31 October 2018

2 강원대학교 생물학과 박사 Department of Biology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

3 이화여자대학교 에코과학부 박사과정 Interdisciplinary Program of EcoCreative, Ewha Womans University, Seoul 07804, Korea

4 강원대학교 생물학과 석사 Department of Biology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

5 제주대학교 과학교육과 교수 Faculty of Science Education, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

* 교신저자 Corresponding author: Tel:+82-10-6800-8679, E-mail: sciedu@jejunu.ac.kr

measured SVL, BW, and HW of the species. We also measured the altitude, longitude, latitude, annual mean temperature, and annual mean precipitation of each site to analyze the relationship between the body size and the habitat environment. The analysis results showed that there was the clear difference of the body size according to the habitat and the body size in Aewol was significantly bigger than others, while the body size in Cheonji was the smallest. The altitude was the most important environmental variable and showed a positive correlation with body size. The body size of *H. japonica* increased as the altitude increased, and this results were consistent with Bergmann's rule, one of the biological laws related to body size. In conclusion, the environment could affect the body size of *H. japonica*, and the body size has a certain direction according to the environment.

KEY WORDS: ECOGEOGRAPHIC RULE, MORPHOLOGY, ADAPTATION, AMPHIBIAN

서론

서식지 환경은 그 안에 살아가는 생물들에게 영향을 주는 가장 중요한 요소이며, 서식지 환경의 다양성은 생물의 다양성을 결정한다(Gloger, 1833; Bergmann, 1847; Allen, 1877). 생물학적 법칙들 중 하나인 Bergmann's rule(이하 베르그만의 룰)은 생물과 환경 간의 관계를 잘 설명하는 이론이다. 독일의 생물학자인 Bergmann(1847)은 추운 지역 혹은 높은 고도에 서식하는 생물의 큰 크기는 추위로부터 열을 보존하기 위해 부피를 늘리고 표면적을 줄이는 방향 즉 큰 크기를 가지는 방향으로 진화한 결과라 하였다. 처음 베르그만의 룰은 정온동물(warm blooded)인 포유류와 조류를 대상으로 연구된 이론이었으나, 최근에는 다양한 변온동물들(cold blooded)에게도 적용되고 있다(Ashton, 2002; Bancilă et al., 2009; Chen et al., 2011; Gül et al., 2011; Liu et al., 2012; Eweleit and Reinhold, 2014; Rohner et al., 2018). 한편, 최근의 연구에서는 기존의 베르그만의 룰과는 다른 경향성을 보이는 결과들이 지속적으로 보고되고 있다(Ashton, 2002; Liao et al., 2010; Chen et al., 2011).

최근에는 생물과 환경과의 연관성을 설명하는 베르그만의 룰의 적용 가능성 여부를 증명하기 위해 다양한 동물 그룹들이 연구의 대상이 되고 있다. 특히, 양서류(amphibian)를 대상으로 환경과의 상호관계를 분석함으로써 베르그만의 룰이 적용되는가를 연구하고 있다(Ashton, 2002; Laugen et al., 2003; 2005; Chen et al., 2011). 척추동물(vertebrate)이자 변온동물인 양서류는 주변 환경에 직접적으로 영향 받고 적응하며, 살기 때문에 환경 차이에 따른 개체들의 영향을 분석하기에 적절하다. 환경과 양서류 간의 관계를 규명한 다양한 연구에서는 환경에 따른 양서류의 크기가 특정한 패턴을 가진다(Laugen et al., 2005; Olalla-Tárraga and

Rodríguez, 2007; Bancilă et al., 2009; Cvetković et al., 2009; Ma et al., 2009; Olalla-Tárraga et al., 2009; Liu et al., 2012; Boaratti and Silva, 2015). 하지만 이러한 연구들이 진행되었음에도 불구하고, 양서류의 경우 환경에 따른 크기 경향성이 베르그만의 룰에 적용되는가에 대한 논란은 여전히 남아있다(Ashton, 2002; Adams and Church, 2008).

남한에 서식하는 생물 크기의 관한 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 국내 양서류의 크기와 관련된 연구는 찾아보기 어렵다. 물론 파충류의 비늘 크기와 양서류의 크기가 최근 연구된 바 있으나 남한에 서식하는 생물의 크기와 환경 간의 연관성을 이해하기에는 제한점이 많다(Koo et al., 2017; Park and Cho, 2017). 과거 국내에서 수행된 연구들을 보면 개체들의 크기는 지역에 따라 명확한 차이를 보이는 것으로 보고된 바 있다(Jang et al., 2011; Koo, 2014). 특히 지역 따른 청개구리의 크기 차이가 서식지의 다양한 환경이 원인이었을 것으로 보았지만 앞선 연구들이 환경과 크기의 관계를 심도 있게 다루지 않았다는 점에서 추가적인 연구가 필요한 상황이다.

청개구리 *Hyla japonica*는 동아시아에 걸쳐 넓은 분포를 보이는 소형 양서류이다(Stejneger, 1907; Inukai and Ochiai, 1931). 청개구리는 크고 작은 섬을 포함하여, 국내 대부분의 지역과 환경에서 발견되는 종이다(Jang and Suh, 2010; Chang et al., 2011). 이러한 종의 분포 특성은 다양한 환경에서의 적응 양상을 규명하는데 용이하며, 환경과 생물간의 연관성을 규명하는데 매우 적합한 종이라 할 수 있다(Jang et al., 2011; Choi and Jang, 2014). 연구 지역인 제주도는 남한의 최남단 지역에 위치한 섬으로 화산활동에 의해 형성되었다. 특히, 섬 중앙에 위치하며, 2,000 m에 가까운 한라산의 높이는 고도에 따른 뚜렷한 환경의 차이를 만든다.

본 연구에서는 남한의 최남단이자 환경적인 다양성이 나타나는 섬인 제주도에서 발견되는 한국산 청개구리를 대상

으로 서식지의 환경과 생물 크기와의 관계를 파악하고자 하였다. 현재까지 남한에 서식하는 양서류를 대상으로 수행된 환경과 생물의 크기 관계를 다룬 연구가 거의 이루어진 바가 없었기 때문에 본 연구의 결과는 남한에 서식하는 청개구리 혹은 양서류의 크기 다양성을 이해하는데 중요한 자료가 될 것이다.

재료 및 방법

연구 대상인 청개구리의 채집은 제주도 내 3개 지역에서 이루어졌다(Figure 1). 현지 조사는 2014년부터 2016년까지 청개구리의 번식기인 4월부터 7월에 이루어졌다. 청개구리의 채집은 일몰 후인 20:00시부터 22:00시까지 발견되는 모든 개체를 조사자 2인이 채집하였다. 청개구리의 성별은 수컷의 경우 올음주머니와 암컷의 경우 목 색깔과 알의 유무로 구분할 수 있다. 양서류의 경우, 발견되는 암컷의 수가 수컷에 비해 매우 적기 때문에 크기 분석과 결과 해석에 있어서 치우침(bias)이 발생할 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 암컷을 제외한 수컷만을 분석에 사용하였다(Morris, 1989; Glutton-Brock and Vincent, 1991).

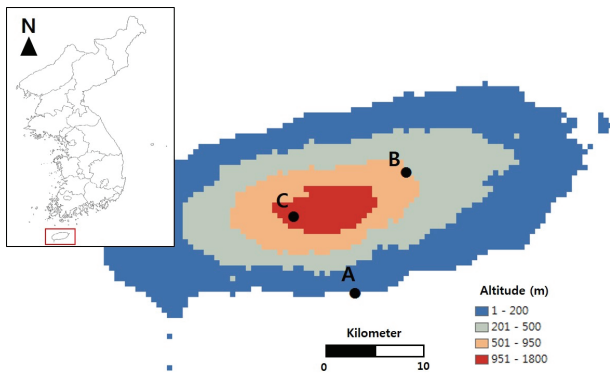


Figure 1. The survey locations of three populations of *Hyla japonica* in Jeju Island, South Korea. A) Cheonji, B) Bonggae, C) Aewol.

지역 및 환경에 따른 개체들의 크기 비교를 위해 주둥이부터 총배설강까지의 길이(snout vent length, SVL), 머리 크기(head width, HW) 그리고 체중(body weight, BW)을 측정하였다. SVL과 HW 측정에는 digital caliper(Mitutoyo, Japan, 0.1 mm)를 사용하였으며, BW를 측정을 위해서는 전자저울(FX-300i, AND KOREA, Korea, 0.1 g)을 사용하

였다. 개체 성장 혹은 성숙 정도에 따라 크기 차이가 발생하기 때문에 이러한 오류를 감소시키기 위해 번식지에 출현하여 번식활동을 하는 성체 수컷만을 채집하였다. 크기 측정 후 모든 개체들은 채집했던 장소에 다시 풀어주었다.

제주도 청개구리 크기에 영향을 주는 환경적인 요소로 고도(altitude), 경도(longitude), 위도(latitude), 연평균 기온(annual mean temperature), 연평균 강수량(annual mean precipitation)을 수집하였다(Table 1). 고도, 경도, 위도의 경우 휴대용 GPS(Oregon 550, Garmin, USA)를 이용하여 현장에서 기록하였다. 연평균 기온과 연평균 강수량은 기상청에서 제공하는 10년(2007-2016년)간의 기상자료를 활용하였다(<https://data.kma.go.kr>). 개체의 크기 및 성장과 관련된 활동기인 4월에서 10월 사이의 기온과 강수량을 추가로 분석에 사용하였다(Lee *et al.*, 2011).

각 집단에 대한 정규성 검토 결과, 모두 측정 형질에서 정규분포의 형태를 보였다. 따라서 집단 간의 크기 차이는 one-way ANOVA를 이용하여 비교하였으며, 사후분석(post hoc, Tukey test)을 적용하여, 집단 간의 차이를 명확히 분석하였다. 환경 요소간의 연관성은 Spearman correlation analysis로 분석하였으며, 집단의 크기와 환경 요소간의 연관성은 linear regression analysis 법을 이용하여 분석하였다. 모든 통계 분석은 SPSS ver. 24(IBM, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 유의수준은 0.05로 설정하였다.

결과

조사결과 3개의 지역에서 총 361개체의 청개구리 수컷이 채집되었다(Table 1). 가장 큰 크기를 보였던 지역은 애월($n=104$)이었으며, SVL(40.7 ± 0.2 mm), HW(14.2 ± 0.1 mm), BW(5.1 ± 0.1 g) 모든 크기 형질에서 뚜렷한 크기 차이를 보였다(One way ANOVA, $P<0.001$ in all cases)(Table 1). 사후분석(post hoc, Tukey test) 결과에서도 집단 간의 크기 차이는 뚜렷한 것으로 나타났다(Figure 2A-C). 반면, 천지 지역에서 채집된 수컷들의 크기는 모든 크기 형질에서 뚜렷하게 작은 것으로 나타났다($P<0.001$ in all cases).

서식지 지역의 환경 변수 간의 상관성 분석 결과(Spearman correlation analysis), 위도와 연평균 강수량을 제외한 모든 형질들 사이에서 높은 상관성($P<0.05$ in all cases)이 나타났다(Table 2). 특히, 고도는 상관성이 비교적 낮았던 위도($r=0.256$)를 포함하여, 모든 변수들과 매우 밀접한 관계를 보였다($P<0.001$, in all cases).

Table 1. History of each habitat and body size of *Hyla japonica* from three populations. One-way ANOVA test was conducted to compare the body size among the three populations. Body size represented by mean±S.E.

		Population			One-way ANOVA		
		Cheonji	Bonggae	Aewol			
Habitat							
Latitude		33°14'10"	33°25'41"	33°21'35"			
Longitude		126°33'38"	126°38'30"	126°27'46"			
Altitude (m)		10	501	1,086			
Temperature (°C)	Annual mean	16.9	11.4	9.8			
	Activity period	21.9	17.3	13.3			
Precipitation (mm)	Annual mean	177.8	382.9	286.5			
	Activity period	380.9	491.9	371.1			
Body size							
N		146	111	104	df	F	P-value
SVL (mm)		35.9±0.2 (30.0-41.4)	38.6±0.2 (33.6-43.7)	40.7±0.2 (35.7-45.2)	2	166.12	<0.001
HW (mm)		12.7±0.1 (11.2-14.4)	13.6±0.1 (10.9-15.4)	14.2±0.1 (12.5-15.8)	2	99.72	<0.001
BW (g)		3.5±0.1 (2.5-5.0)	4.4±0.1 (2.8-7.3)	5.1±0.1 (3.7-7.4)	2	129.80	<0.001

Table 2. Relationship among the environmental variables analyzing by Spearman correlation analysis. The numbers indicate the r-value. AM: annual mean, AP: activity period. *:P<0.05, **:P<0.001.

Variable		Altitude	Latitude	Longitude	Temperature		Precipitation	
					AM	AP	AM	AP
Latitude		.256**						
Longitude		.980**	.432**					
Temperature	AM	-.989**	-.112*	-.943**				
	AP	-.993**	-.351**	-.996**	.969**			
Precipitation	AM	.950**	-.058	.873**	-.985**	-.913**		
	AP	.706**	-.501**	.556**	-.800**	-.627**	.891**	-

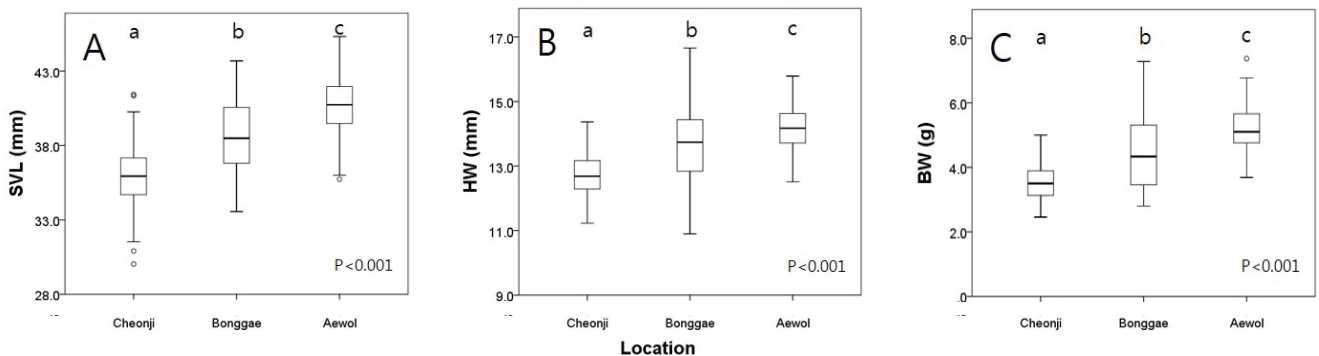


Figure 2. The result of one-way ANOVA (with post hoc) among the three populations; A) SVL, B) HW, C) BW.

회귀분석을 통해 서식지 환경과 개체 크기와의 연관성을 분석한 결과, 경도, 고도, 연평균 강수량이 청개구리 크기에 영향을 주는 요소들로 나타났다(Table 3). 특히 고도의 경우, SVL(linear regression analysis, model $R^2=0.481$, standardized coefficient $B=0.640$, $t=2.186$, $P=0.029$), HW($R^2=0.358$, $B=0.727$, $t=2.233$, $P=0.026$), BW($R^2=0.445$, $B=0.746$, $t=2.419$, $P=0.016$) 모두에 영향을 주는 주요한 요소로 나타났다으며, 고도의 증가는 개체의 크기 증가에 영향을 주는 것으로 분석되었다(Table 3). 반면, 경도와 연평균 강수량의 경우 청개구리의 크기와는 어떠한 상관성도 보이지 않았다($P>0.05$ in both). 한편, 고도, 경도, 연평균 강수량과 매우 높은 상관성을 보였던, 위도, 연평균 기온, 활동기 기온 그리고 활동기 강수량은 다른 변수들과의 다중공선성(multicollinearity)이 나타났기 때문에 회귀분석에서 제외하였다.

고찰

본 연구에서는 제주도에 서식하는 청개구리의 크기가 지역에 따라 뚜렷한 차이를 보였으며, 이러한 차이가 서식지 환경과 연관될 수 있다는 것을 확인하였다. 특히, 지역에 따른 청개구리의 크기 변화는 서식지에 형성된 환경과 일정한 연관성과 방향성을 가지며 나타났다.

높은 고도 혹은 낮은 기온에서 서식하는 생물의 크기가 큰 현상은 베르그만의 룰이 설명하는 가장 기본적인 핵심

적인 요소이다(Bergmann, 1847). 본 연구에서도 고도에 따른 청개구리 집단의 크기는 명확한 경향성을 보였으며, 집단 간의 뚜렷한 크기 차이로 이어졌다. 이는 다른 양서류들과 같이 환경적인 차이가 제주도에 서식하는 청개구리 크기에 영향을 주었음을 보여준다(Ashton, 2002; Adams and Church, 2008; Cvetković *et al.*, 2009). 일반적으로 고도 혹은 기온에 따라 개체의 크기가 커지는 현상은 두 가지 측면으로 설명할 수 있다. 첫째 높은 고도에 형성된 낮은 기온이 개체의 성장을 느리게 함과 동시에 성적 성숙을 늦추게 된다는 설명이다(Hemelaar, 1988; Lou *et al.*, 2012). 늦어진 성적 성숙으로 성장할 기간이 늘어나게 되고 오랜 기간 성장이 가능해진다. 특히 고지대에 서식하는 집단의 크기가 크고 나이가 더 많다는 기존의 연구 결과들은 이러한 설명을 뒷받침 한다(Ma *et al.*, 2009; Gül *et al.*, 2011; Özdemir *et al.*, 2012). 두 번째 설명으로는 고지대에 낮은 기온에 체온을 잃지 않게 크기를 증가시키는 방향으로 진화한다는 것이다(Bergmann, 1847; Heatwole *et al.*, 1969). 체온 유지를 위해 부피를 늘리는 진화의 방식은 초기 베르그만의 룰의 설명이며, 주로 정온동물들 대상으로 적용되어 왔다(Bergmann, 1847). 하지만 최근의 연구들은 다양한 생물 분야에서도 적용될 수 있으며, 일부 양서류 집단에서도 지방이나 수분을 유지하기 위해 크기가 커지는 현상이 나타남을 확인하고 있다(Liu *et al.*, 2012). 결론적으로 제주도에 서식하는 청개구리의 크기 차이 또한 늘어난 성장 기간과 체온 유지를 위한 부피 증가 측면의 설명으로 해석할 수

Table 3. The result of linear regression analysis between body size and environmental variables including model summery.

Variable	R^2	Unstandardized coefficient		Standardized coefficient B	t	P-value
		B	S.E.			
Model for SVL	.481					
Longitude		-.362	11.749	-.009	-.031	.975
Altitude		.004	.002	.640	2.186	.029
Annual mean Preci.		.002	.008	.093	.305	.760
Model for HW	.358					
Longitude		-2.876	4.634	-.194	-.621	.535
Altitude		.002	.001	.727	2.233	.026
Annual mean Preci.		-.001	.003	-.095	-.280	.780
Model for BW	.445					
Longitude		-1.713	4.484	-.113	-.382	.703
Altitude		.002	.001	.746	2.419	.016
Annual mean Preci.		-.001	.003	-.052	-.168	.866

있었으나 추후 연구에서는 실제 크기 차이를 일으키는 보다 구체적인 원인을 규명하기 위한 연구가 필요하다 하겠다.

고도는 생물의 크기 변화에 영향을 주는 가장 중요한 요소로 알려져 있다(Ashton, 2002; Laugen *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2012; Özdemir *et al.*, 2012). 본 연구에서는 고도가 위도, 기온, 습도와 같은 환경 요소들과 매우 높은 상호 연관성을 보였음에도, 청개구리 크기에 영향을 준 유일한 요소로 나타났다. 이처럼 다른 요소들과의 높은 상관성에도 불구하고 고도만이 크기에 결정적인 요소로 나타난 것은 환경적인 변화의 패턴이 유사할지라도 종 혹은 집단에 영향을 주는 정도가 일치하지 않다는 것을 보여준다(Ashton *et al.*, 2002; Laugen *et al.*, 2005; Adams and Church, 2008; Gaston *et al.*, 2008; Boaratti and Silva, 2015). 온도의 경우, 고도와 높은 상관성에 의해 분석에서는 제외되었지만 서식지에 따른 조사 지점의 온도는 고도와는 정확히 반대의 경향성을 보였으며, 이 또한 크기와 연관성으로도 이어졌을 가능성이 있다. 특히 고도와 온도가 반대의 작용을 통해 생물의 크기에 영향을 주기 때문에 온도 또한 생물 크기에 영향을 준다고 볼 수 있다. 종합하면, 생물에게 영향을 주는 환경적인 요소가 대상에 따라 매우 다르게 날 수 있으며, 다른 요소에 의해 가려질 수 있기 때문에 환경과 생물의 관계를 연구하고 해석함에 있어서 유의할 필요가 있다.

서식지 환경에 따른 생물의 영향을 연구하는 것은 오래된 연구 분야이지만 현재까지도 지속되고 있는 주제이다. 본 연구에서는 남한 전역에 서식하는 청개구리의 크기와 환경과의 관계를 파악하고자 하였으며, 다양한 환경적인 요소들 중 고도가 청개구리 크기에 영향을 줄 수 있음을 확인하였다. 청개구리의 크기와 환경 간의 연관성을 이해하기 위해서는 청개구리가 서식하는 다양한 지역 그리고 생물의 크기에 영향을 줄 수 있는 다양한 요소들이 추가적으로 고려된 연구가 이루어져야 할 것이다.

사사

현지 조사와 청개구리 채집 및 측정에 도움을 주신 김종선님과 조현자님께 깊은 감사의 말씀드립니다.

REFERENCES

- Adams, D.C. and J.O. Church(2008) Amphibians do not follow Bergmann's rule. *Evolution* 62: 413-420.
- Allen, J.A.(1877) The influence of physical conditions in the genesis of species. *Radical Review* 1: 108-140.
- Ashton, K.G.(2002) Do amphibians follow Bergmann's rule? *Can. J. Zool.* 80: 708-716.
- Bancilă, R.I., R. Plăiașu and D. Cogălniceanu(2009) Effect of latitude and altitude on body size in the common frog (*Rana temporaria*) populations. *Studii și Cercetări: Biologie* 17: 43-46.
- Bergmann, C.(1847) Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse, *Gött. Stud.* 1: 595-708.
- Boaratti, A.Z. and F.R. Da Silva(2015) Relationships between environmental gradients and geographic variation in the intraspecific body size of three species of frogs (Anura). *Austral. Ecol.* 40: 869-876.
- Chang, M.H., K.S. Koo and J.Y. Song(2011) The list of amphibian species in 66 islands in Korea. *Korean J. Herpetol.* 3: 19-24.
- Chen, W., T.L. Yu and X. Lu(2011) Age and body size of *Rana kukunoris*, a high-elevation frog native to the Tibetan plateau. *Herpetol. J.* 21: 149-151.
- Choi, N. and Y. Jang(2014) Background matching by means of dorsal color change in treefrog populations (*Hyla japonica*). *J. Exp. Zool. A Ecol. Genet. Physiol.* 321: 108-118.
- Cvetković, D., N. Tomašević, G.F. Ficetola, J. Crnobrnja-Isailović and C. Miaud(2009) Bergmann's rule in amphibians: combining demographic and ecological parameters to explain body size variation among populations in the common toad *Bufo bufo*. *J. Zool. Syst. Evol. Res.* 47: 171-180.
- Eweleit, L. and K. Reinhold(2014) Body size and elevation: do Bergmann's and Rensch's rule apply in the polytypic bushcricket *Poecilimon veluchianus*?. *Ecol. Entomol.* 39: 133-136.
- Gaston, K.J., S.L. Chown and K.L. Evans(2008). Ecogeographical rules: elements of a synthesis. *J. Biogeogr* 35: 483-500.
- Gloger, C.L.(1833) Das Abändern der Vögel durch Einfluss des Klima's (Breslau). Schulz.
- Glutton-Brock, T.H. and A.C. Vincent(1991) Sexual selection and the potential reproductive rates of males and females. *Nature* 351: 58.
- Gül, S., K. Olgun and B. Kutrup(2011) Body size and age structure of *Pelophylax ridibundus* populations from two different altitudes in Turkey. *Amphibia-Reptilia* 32: 287-292.
- Heatwole, H., F. Torres, S.B. de Austin and A. Heatwole(1969) Studies on anuran water balance-I. Dynamics of evaporative water loss in the coqui *Eleutherodactylus portoricensis*. *Comp. Biochem. Physiol.* 28: 245-269.
- Hemelaar, A.(1988) Age, growth and other population characteristics of *Bufo bufo* from different latitudes and altitudes. *J. Herpetol.* 369-388.
- Inukai, T. and S. Ochiai(1931) A study on the breeding habits of

- Hyla arborea japonica* Guenther. J. Fac. Hokkaido Imperial Univ. Ser. VI. Zool. 1: 111-116.
- Jang, H.J. and J.W. Suh(2010) Distribution of amphibian species in South Korea. Korean J. Herpetol. 2: 45-51.
- Jang, Y., E.H. Hahm, H.J. Lee, S. Park, Y.J. Won and J.C. Choe(2011). Geographic variation in advertisement calls in a tree frog species: gene flow and selection hypotheses. PloS one 6: e23297.
- Koo, K.S.(2014) Biogeographical Variation of Korean Tree Frog (*Hyla japonica*) Based on External Characteristics. Master Thesis. Jeju National University, 50pp.
- Koo, K.S., S.H. Park, J.S. Kim, S.R. Kwon, W.J. Choi, I.K. Park, H.N. Cho, J.J. Park, H.S. Oh and D. Park(2017) The Comparison of Size and Morphology of Scales in Nine Korean Snake Species (6 in Colubridae, 3 in Viperidae). Korean. J. Ecol. Environ. 50: 207-215.
- Laugen, A.T., A. Laurila, K. Rasanen and J. Merila(2003) Latitudinal countergradient variation in the common frog (*Rana temporaria*) development rates – evidence for local adaptation. J. Evol. Biol. 16: 996–100.
- Laugen, A.T., A. Laurila, K.I. Jönsson, F. Söderman and J. Merilä(2005) Do common frogs (*Rana temporaria*) follow Bergmann's rule? Evol. Ecol. Res. 7: 717-731.
- Lee, J.H., H.J. Jang and J.H. Suh(2011) Ecological Guide Book of Herpetofauna in Korea. National Institute of Environmental Research, Incheon, South Korea.
- Liao, W.B., C.Q. Zhou, Z.S. Yang, J.C. Hu and X. Lu(2010) Age, size and growth in two populations of the dark-spotted frog *Rana nigromaculata* at different altitudes in southwestern China. Herpetol. J. 20: 77-82.
- Liu, Y.H., Y. Zeng, W.B. Liao, C.Q. Zhou, Z.P. Mi, M. Mao and L. Chen(2012) Altitudinal variation in body size in the Rice Frog (*Rana limnocharis*) in southwestern China. Acta. Herpetol. 7: 57-68.
- Lou, S.L., L. Jin, Y.H. Liu, Z.P. Mi, G. Tao, Y.M. Tang and W.B. Liao(2012) Altitudinal variation in age and body size in Yunnan Pond Frog (*Pelophylax pleuraden*). Zool. Sci. 29: 493-498.
- Ma, X., X. Lu and J. Merilä(2009) Altitudinal decline of body size in a Tibetan frog. J. Zool. 279: 364–371.
- Morris, M.R.(1989). Female choice of large males in the treefrog *Hyla chrysoscelis*: the importance of identifying the scale of choice. Behav. Ecol. Sociobiol. 25: 275-281.
- Olalla-Tárraga, M.Á. and M.A. Rodríguez(2007) Energy and interspecific body size patterns of amphibian faunas in Europe and North America: anurans follow Bergmann's rule, urodeles its converse. Global. Ecol. Biogeogr. 16: 606-617.
- Olalla-Tárraga, M.Á., J.A.F. Diniz-Filho, R.P. Bastos and M.A. Rodríguez(2009) Geographic body size gradients in tropical regions: water deficit and anuran body size in the Brazilian Cerrado. Ecography 32: 581-590.
- Özdemir, N., A. Altunışık, T. Ergül, S. Gül, M. Tosunoğlu, G. Cadeddu and C. Giacoma(2012) Variation in body size and age structure among three Turkish populations of the treefrog *Hyla arborea*. Amphibia-Reptilia 33: 25-35.
- Park, S.H. and K.H. Cho(2017) Comparison of Health Status of Japanese Tree Frog (*Hyla Japonica*) in a Rural and an Urban Area. Ecol. Resil. Infrastruct. 4: 71-74.
- Rohner, P.T., S. Pitnick, W.U. Blanckenhorn, R.R. Snook, G. Bächli and S. Lüpold(2018) Interrelations of global macroecological patterns in wing and thorax size, sexual size dimorphism, and range size of the Drosophilidae. Ecography 41: 1-11.
- Stejneger, L.(1907) Herpetology of Japan and adjacent territory. Bulletin United States National Museum 58: 1–577.