

한국산 무당개구리 두 개체군의 먹이 습성 비교¹

고영민² · 장민호³ · 오홍식^{4*}

Comparison of Food Habits between the Two Populations of the Fire-Bellied Toad, *Bombina orientalis*, in Korea¹

Young-Min Ko², Min-Ho Chang³, Hong-Shik Oh^{4*}

요약

본 연구는 한국산 무당개구리의 먹이 습성을 알아보기 위하여 1990년 4월부터 1992년 9월까지 한반도 내륙지방 네 지역과 제주도 여덟 지역에서 채집된 487개체를 대상으로 이루어졌다. 내륙지방과 제주도 개체군사이의 개체당 먹이 개체수에는 차이가 없었으며, 보통 1-3개체의 먹이를 포식하지만 제주산에서는 94개체를 먹은 개체도 있었다. 내륙산 무당개구리의 먹이의 종류는 13목, 제주산은 10목이 조사되었고, 딱정벌레류와 벌류의 포식빈도와 포식된 먹이 개체수가 높게 나타났다. 두 개체군의 종류별 포식빈도는 비슷한 양상으로 나타났지만, 포식된 각 종류별 먹이 수는 다른 양상을 보였다. 내륙산 무당개구리가 보다 다양한 종류의 먹이를 포식하며 한정된 종류를 포식하지 않는 것으로 나타났다. 한국산 무당개구리의 월별 먹이 습성은 내륙산 무당개구리는 5월부터 10월까지, 제주산에서는 4월에서 9월까지 먹이 활동을 하는 차이점을 보였다. 포식된 먹이류 중에 딱정벌레류와 벌류는 조사 기간 동안 한국산 무당개구리의 두 개체군에서 고르게 분포하였다. 한국산 무당개구리가 먹이로 삼는 목의 수, 포식 빈도, 한 개체당 포식된 개체수가 모두 여름철에 높게 나와 가장 활발한 먹이 활동 시기는 여름철이라고 판단된다.

주요어 : 포식빈도, 계절별 차이, 내륙, 제주도

ABSTRACT

The research on food habits of the Fire-bellied toad, *Bombina orientalis*, distributed in Korea was done targeting a total of 487 individuals in 4 inland areas and 8 areas of Jeju island from April 1990 to September 1992. The survey results showed that there was no difference in the number of the preys of the Korean Fire-bellied per individual between the inland areas and Jeju island and the toad preyed on 1 to 3 individuals on an average, but there happened a case where some Fire-bellied toads in Jeju preyed on as much as 94 individuals. There were 13 orders surveyed in the kinds of prey of the Fire-bellied toad inland, and 10 in Jeju island with a high predation frequency and the number of the preyed individuals of Coleoptera and Hymenoptera. The predation frequency of the two populations was similar in terms of prey taxa, but there appeared a different aspect in the number of the individuals by prey taxa. In short, the inland population of Fire-bellied toad was found to eat more various sorts of preys, not satisfied with limited sorts of preys in

1 접수 3월 11일 Received on Mar. 11, 2007

2 제주대학교 생명과학과 Department of Life Science, Cheju National University, Jeju, Korea(kymww0222@hanmail.net)

3 제주대학교 과학교육연구소 Educational Science Research Institute, Cheju National University, Jeju, Korea(gusidai@empal.com)

4 제주대학교 과학교육과 Department of Science Education, Cheju National University, Jeju, Korea(sciedu@cheju.ac.kr)

* 교신저자, Corresponding author

comparison with the Jeju toad. There appeared a difference in eating habits by month between the two populations; the feeding duration of the inland population was from May to October, but the Jeju population was from April to September. Among the kinds of prey taxa, Coleoptera and Hymenoptera were equally distributed to the two populations of Korean Fire-bellied toad for this research purpose during the survey period. The number of orders, predation frequency and the number of the prey taxa by one population prey were rather higher in the summer. Therefore, it is concluded that the most active period of predation of the Korean Fire-bellied toad is summer.

KEY WORDS : FREQUENCY OCCURRENCE, SEASONAL DIFFERENCE, INLAND, JEJU ISLAND

서론

무당개구리속(*Bombina*)은 세계적으로 6종이 유럽 및 동아시아 등지에 주로 분포하고, 한반도에는 무당개구리 1종만이 서식한다(Duellman and Trueb, 1986). 이 종은 중국 및 한반도 지역에 서식하며, 제주도도 남방한계로 알려졌다(강영선과 윤일병, 1975). 무당개구리는 Blulenger(1890)에 의해 신종으로 기재되었고, Stejneger(1907)에 의해 처음으로 국내에 분포한다는 사실이 학계에 알려졌다. 그 후 여러 학자들에 의해 종의 특징과 분포에 대한 연구가 진행되어 왔으며(Mori, 1927; Dixon, 1956; Shannon, 1956; Web *et al.*, 1962; 강영선과 윤일병, 1975; 양서영과 유재혁, 1978), 비교해부학적 연구와 동위효소 분석에 대한 연구도 이루어진 바 있다(유재혁과 양서영, 1980; Park, 1985). 또한 양서영 등(1997)과 박옥이 등(1999)은 유전학적 방법을 통해 한반도 무당개구리의 개체군 간의 다양성을 연구하여 보고하기도 하였다. 특히 윤일병 등(1996)은 무당개구리의 먹이 습성을 체계

구리와 비교한 바 있으나 종 내의 먹이 습성에 대한 다양성에 대해서는 다루어진 바 없다. 양서류는 자신의 입 크기보다 작은 먹이를 닥치는 대로 먹기 때문에 그 종의 식성은 주위 환경, 기후, 먹이원에 많은 영향을 받는다. 제주도는 지리적인 격리와 아열대성 기후로 인하여 동물들에게 한반도 내륙과는 매우 다른 환경을 나타내고 있다(한라산연구소, 2006).

본 연구는 한반도 내륙과 제주도의 무당개구리의 개체군을 대상으로 한국산 무당개구리의 먹이 습성과 내륙과 제주도 개체군간의 먹이 습성을 비교하여, 환경에 따른 종 내의 먹이 습성에 대한 생태적 특징에 대한 자료를 제공하고자 이루어졌다.

재료 및 방법

한국산 무당개구리의 먹이 습성을 연구하기 위해 내륙산 무당개구리는 강릉시, 춘천시 지역에서 1990년 5월부터 10월까지 조사하였고, 제주산 무당개구리는

Table 1. Collection sites and number of Specimens of *Bombina orientalis*

Collection Site	No. of Specimens				
	1990	1991	1992	Total	
Inland	Morenae Chuncheon-si	-	134	-	134
	Gotan Chuncheon-si	-	22	-	22
	Mt. Sanyeng Yanggu-gun	-	30	-	30
	Mt. Deokyu Muju-gun	-	23	-	23
Jeju island	Kwanumsa Jeju-si	164	33	6	203
	1100 Goji Jeju-si	-	16	7	23
	Jeju Country Club Jeju-si	-	16	4	20
	Seongpanack Seogwipo-si	-	13	-	13
	Muljangol Jeju-si	-	-	6	6
	Suackyo Seogwipo-si	-	6	-	6
	Tamragyoyugwon Jeju-si	-	-	6	6
	Eorimock Jeju-si	1	-	-	1
Total	165	293	29	487	

관음사, 1100고지, 제주 컨트리 클럽, 탐라 교육원에서 1990년 4월부터 1992년 9월까지 조사하였다. 양서류의 주된 먹이활동 시간이 야간임을 감안하여 조사는 오전 8시부터 11시까지 조사하였다. 연구의 재료는 한반도 내륙 네 개 지역과 제주도 여덟 개 지역에서 채집한 총 487개체를 이용하였다(Table 1).

포획된 무당개구리는 현지에서 위를 절취하여 75% 에탄올에 보관하고, 실험실로 이동하여 위안의 내용물을 해부현미경(OLYMPUS, SZ-50)으로 분석하였다. 위를 해부했을 때 돌이나 식물조각과 같은 이물질이 나타났을 경우는 이를 먹이로 보지 않고 먹이동물을 잡아 먹을 때 함께 들어간 것으로 보았다. 먹이동물의 종류를 식별할 때, 각 개체의 머리를 기준으로 개체수를 계산하였지만 형태가 불분명한 개체는 부속지 중 각 개체의 특징적인 부분이 발견되면 개별적인 개체로 판단하고 개체수에 포함하였다. 자료는 SPSS 10.0 프로그램

을 이용하여 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

1. 포식한 먹이 개체수

채집된 487개체의 먹이 현황을 내륙산과 제주도산 무당개구리로 나누어 조사하였다. 두 개체군의 포식한 먹이 개체수에 대한 평균 비교 분석에서 두 개체군이 포식한 먹이 개체수 차이는 없는 것으로 나타났다(t -test, $p > 0.05$). 내륙산 무당개구리의 경우는 포식한 먹이가 1개체와 3개체인 경우에서 40개체로 가장 많았고, 31개체가 가장 많은 개체수의 먹이를 먹은 경우였다. 1개체에서 3개체의 먹이를 먹은 무당개구리가 가장 많았고, 대부분 10개체 이하의 먹이를 먹었다. 제

Table 2. Comparison of prey individual number of *Bombina orientalis* between inland and Jeju island

No. of prey individual	Inland		Jeju island	
	No. of stomachs	Percentage(%)	No. of stomachs	Percentage(%)
0	8	3.8	29	10.4
1	40	19.1	66	23.7
2	38	18.2	80	28.8
3	40	19.1	45	16.2
4	18	8.6	12	4.3
5	15	7.2	10	3.6
6	13	6.2	10	3.6
7	7	3.3	5	1.8
8	8	3.8	2	0.7
9	5	2.4	5	1.8
10	4	1.9	1	0.4
11	3	1.4	1	0.4
12	2	1.0	1	0.4
13	3	1.4	1	0.4
14	2	1.0	-	-
16	-	-	1	0.4
17	-	-	1	0.4
26	-	-	1	0.4
28	1	0.5	-	-
30	1	0.5	1	0.4
31	1	0.5	-	-
40	-	-	1	0.4
55	-	-	1	0.4
58	-	-	1	0.4
65	-	-	1	0.4
74	-	-	1	0.4
94	-	-	1	0.4
Total	209	100	278	100

주산 무당개구리의 경우는 포식한 먹이가 2개체인 경우가 80개체로 가장 많았고, 94개체가 있을 때가 가장 많은 수의 먹이를 먹은 경우였다. 내륙산 무당개구리와 마찬가지로 1개체에서 3개체의 먹이를 먹은 무당개구리가 가장 많았고, 대부분 9개체 이하의 먹이를 먹었다 (Table 2). 하나에서 세개체의 먹이를 먹은 내륙산 무당개구리의 위 안에는 풍뎡이와 노래기와 같은 큰 먹이가 있었으며, 제주산에는 노래기, 거미, 나방, 나방 유충 등이었다. 두 개체군 모두 가장 큰 먹이는 지네였으며, 내륙산 무당개구리의 경우는 길이 45mm, 폭 5mm, 제주산은 길이 55mm, 폭 5mm였다. 무당개구리가 포식한 먹이의 최대 개체수는 내륙산에서 31개체, 제주산에서 두 개체군의 최고 수치인 94개체가 발견되었다. 포식한 먹이가 30-94개체 발견되었을 경우에는 그 먹이는 주로 개미류이었다. 개미류의 크기가 매우 작고, 무리지어 이동하기 때문에 한 곳에서 많은 수의 개체를 포식하는 것이 가능했으리라 생각된다.

2. 먹이 구성

내륙산 무당개구리는 13목의 먹이를 포식하였으며, 구성의 대부분은 절지동물이었다(절지동물 97.9%, 절지동물 외 2.1%). 이 중 무당개구리의 포식빈도와 포식한 먹이 개체수 모두 딱정벌레류(Coleoptera)가 각각 25.3%와 35.8%로 가장 높게 나타났고, 벌류(Hymenoptera)도 각각 22.4%와 27.3%로 높게 나타났다. 파리류(Diptera)와 파리류의 유생, 나비류(Lepidoptera)와 나비류의 유생, 띠노래기류(Polydesmoidea)

들이 먹이 구성의 10% 안팎으로, 매미류(Hemiptera), 십각류(Decapoda), 돌지네류(Geophi lomerpha), 메뚜기류(Orthoptera)와 같은 나머지 절지동물들은 5%미만으로 나타났다. 개구리류(Salientia), 지렁이류(Neooligochaeta), 민달팽이류(Sty lommatophora)와 같은 비절지동물들은 매우 낮게 나타났지만, 개구리류 알의 개체수는 3.7%였다. 제주산 무당개구리는 10목의 먹이를 포식했으며, 내륙산과 다르게 모두 절지동물이었다(절지동물 100%). 이 중 무당개구리의 포식빈도는 딱정벌레류가 24.3%, 포식된 먹이 개체수는 벌류가 65.4%로 가장 높게 나타났다. 딱정벌레류와 벌류는 무당개구리의 포식한 먹이 개체수와 포식빈도에서도 각각 10.6%와 27.7%로 높게 나타났다. 나비류와 나비류의 유생, 띠노래기류, 파리류의 포식빈도와 포식된 개체수는 각각 10%와 5%안팎으로, 거미류는 각각 6.9%와 2.9%로 나타났다. 매미류, 등각류(Isopoda), 돌지네류, 메뚜기류의 포식빈도와 포식된 개체수는 각각 5%미만과 2%이하로 낮게 나타났다(Table 3). 내륙산과 제주산 무당개구리는 먹이의 종류별 포식빈도는 비슷한 추세를 보였으나, 포식한 종류별 먹이 개체수는 다른 추세로 나타났다(Figure 1). 포식빈도는 두 개체군 모두 딱정벌레류와 벌류를 가장 선호하여 같은 양상을 보였으나, 매미충류를 선호하는 청개구리와의 차이를 보였다(윤일병 등, 1996). 이와 같은 차이는 지면에서만 활동하는 무당개구리와 목본과 초본에서도 활동이 가능한 청개구리의 생태적 차이에 의해 나타나는 것으로 사료된다. 내륙산 무당개구리의 포식한 개체수는 딱정벌레류가 벌류보다 많지만, 제주도산 무당개구리

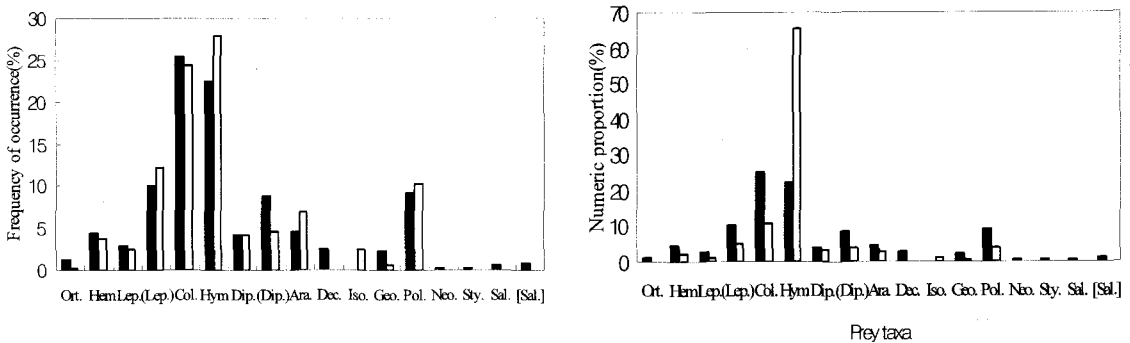


Figure 1. Comparison of prey taxa for frequency of occurrence and numeric proportion between inland and Jeju island(■: Inland, □: Jeju island, Ort.: Orthoptera, Hem.: Hemiptera, Lep.: Lepidoptera, (Lep.): Larva of Lepidoptera, Col.: Coleoptera, Hym.: Hymenoptera, Dip.: Diptera, (Dip.): Larva of Diptera, Ara.: Araneina, Dec.: Decapoda, Geo.: Geophilomerpha, Pol.: Polydesmoidea, Neo.: Neooligochaeta, Sty.: Stylommatophora, Sal.: Salientia, [Sal.]: Egg of Salientia)

Table 3. Comparison of seasonal change of diet composition of *Bombina orientalis* between inland and Jeju island

Prey taxa	Inland												Jeju island											
	May			Jun.			Jul.			Aug.			Sep.			Oct.			Total					
	FO	NP	FO	NP	FO	NP	FO	NP	FO	NP	FO	NP	FO	NP	FO	NP	FO	NP	FO	NP	FO	NP		
Insecta																								
Orthoptera	-	-	1.3	0.4	1.7	0.6	1.8	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hemiptera	-	-	3.8	1.1	4.2	2.4	8.9	7.2	8.0	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Lepidoptera	4.2	3.3	5.1	1.5	0.8	0.3	3.6	2.2	4.0	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
larvae	2.1	1.6	16.5	7.2	6.7	3.0	10.7	7.2	12.0	8.3	25.0	19.0	10.0	5.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Coleoptera	39.6	41.0	25.3	35.7	25.8	30.6	17.9	48.2	16.0	16.7	16.7	9.5	25.3	35.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hymenoptera	35.4	34.4	20.3	34.6	18.3	24.3	17.9	12.2	28.0	41.7	33.3	57.1	22.4	27.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Diptera	-	-	1.3	0.4	5.0	3.6	7.1	5.0	8.0	8.3	8.3	4.8	4.1	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
larvae	4.2	4.9	12.7	8.0	8.3	9.2	12.5	7.9	4.0	2.8	-	-	8.8	7.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arachnoidea																								
Araneina	4.2	3.3	3.8	1.1	0.8	0.3	7.1	2.9	16.0	11.1	16.7	9.5	4.7	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Crustacea																								
Decapoda	-	-	1.3	0.4	5.8	6.3	1.8	0.7	-	-	-	-	2.6	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Isopoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chilopoda																								
Geophilomorpha	4.1	3.3	12.7	0.8	0.8	0.3	5.4	2.2	-	-	-	-	2.4	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Diplopoda																								
Polydesmoidea	6.1	8.2	3.8	4.9	18.3	11.9	5.4	3.6	-	-	-	-	9.2	7.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Oligochaeta																								
Neoligochaeta	-	-	-	-	-	-	-	-	4.0	2.8	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Castropoda																								
Stylommatophora	-	-	1.3	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Amphibia																								
Salientia	-	-	-	-	1.7	0.6	-	-	-	-	-	-	0.6	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
egg	-	-	1.3	3.4	1.7	6.8	-	-	-	-	-	-	0.9	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

*FO: Frequency of occurrence, NP: Mumeric proportion

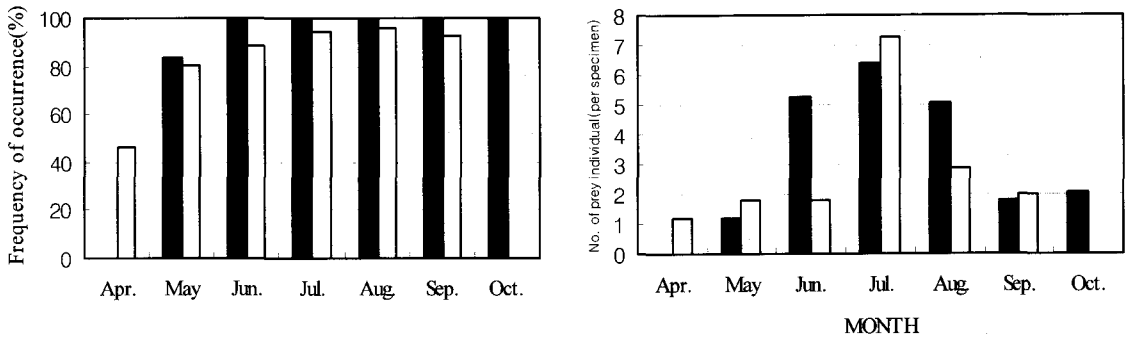


Figure 2. Seasonal comparison of frequency occurrence and No. of prey individual per specimen between inland and Jeju island(■: Inland, □: Jeju island)

에서는 벌류가 딱정벌레류보다 월등히 많은 것으로 나타났다(6배 이상). 일본의 개구리속종 *Rana namiyei*, *R. narina*, *R. ishikawae*, *R. holsti*는 먹이중 크기가 작은 편인 개미류를 매우 적게 포식하지만(Okochi and Kat suren, 1989), 이것들보다 체구가 작은 *Mycrohyla ornata*는 개미류를 선택적으로 포식하며 공존하고 있다(Hirai and Mat sui, 2000). 체구가 큰 개구리가 에너지 효율이 좋은 큰 먹이를 섭취하고, 경쟁력이 떨어지는 작은 개구리들은 많은 수의 작은 먹이를 포식하는 것이다. 이를 통해 내륙산 무당개구리들이 효율적인 면에서 제주산보다 나은 먹이 활동을 하고 있다고 판단된다.

3. 월별 먹이 습성 변화

내륙산 무당개구리는 5월부터 10월까지, 제주산은 4월에서 9월까지 먹이 활동을 하는 차이를 보였다. 두 개체군이 월별 포식한 먹이의 종류(목수준)는 차이가 없는 것으로 나타났다(t -test, $p > 0.05$). 딱정벌레류와 벌류에 대한 먹이 활동은 조사기간 동안 두 개체군에서 고르게 발견 되었으며, 시기에 상관없이 무당개구리의 먹이로 가장 많이 이용되는 분류군이였다. 내륙산 무당개구리는 5월의 포식빈도는 87%였으며, 나머지 달에서는 모든 개체의 위에서 먹이가 발견되어 100%의 포식빈도를 보였다. 하지만 6월부터 8월사이의 무당개구리 한 개체에 의해 포식된 개체수가 높게 나타남으로써, 세 달 사이에 많은 수의 먹이를 포식하는 것으로 나타났다. 제주산 무당개구리는 4월의 포식빈도는 46.2%로 매우 낮았으며, 5월은 80.0%, 6월은 88.0%, 7월은 94.2%, 8월은 96.2%, 9월은 92.3%로 나타났다. 제주산 무당개구리는 7월부터 9월까지 포식 빈도가 높고, 무당개구리 한 개체에 의해 포식된 먹이 개체

수는 7월에 높게 나타남으로써, 7월에 가장 많은 수의 먹이를 포식하는 것으로 나타났다(Figure 2). 두 개체군 모두 7월에 먹이 활동이 가장 활발한 것으로 나타났다. 또한, 이 결과는 가을에 먹이 활동이 가장 활발하다는 윤일병 등(1996)의 연구와 다르게 나타났다. 하지만 브라질 개구리의 먹이 다양도가 우기에 약간 증가하는 것과 일부 도롱뇽에서는 강수가 증가할 때 더 많은 먹이를 포식하는 것은 한반도의 장마철을 고려했을 때, 다른 양서류도 여름에 포식이 더 활발하다는 것을 의미한다(Santos *et al.*, 2004; Sites, 1978). 따라서 한국산 무당개구리는 내륙과 제주도 개체군 모두 가을이 아니라 한반도의 우기인 여름철에 가장 활발한 먹이 활동을 하는 것으로 판단된다.

인용문헌

- 강영선, 윤일병(1975) 한국동식물도감 제 17권 동물편(양서류 파충류). 문교부, 서울, 190쪽.
- 박옥이, 이현익, 양서영, 이혜영(1999) 한국산 무당개구리 (*Bombina orientalis*)의 Mitochondrial Cytochrome b Gene 변이 분석. 한국유전학회지 21: 193-199.
- 양서영, 민미숙, 김종범, 서재화(1997) 한국산 무당개구리의 유전적 다양성. 한국유전학회지 19: 59-69.
- 양서영, 유재혁(1978) 한국산 양서류의 분포. 인하대학교 산업과학 기술연구지 5: 81-90.
- 유재혁, 양서영(1980) 한국산 개구리목(Order: Salientia)에 대한 골격비교. 인하대학교 기초과학연구지 1: 81-87.
- 윤일병, 이성진, 양서영(1996) 청개구리와 무당개구리의 식성 및 생활사에 관한 연구. 한국환경생물학회지 14: 81-94.
- 한라산연구소(2006) 한라산천연보호구역 학술조사 보고서, 제주, 630쪽.

- Boulenger, G.A.(1890) A list of the Reptiles and Batrachians of Amoorland. Ann. Mag. Nat. Hist. 6: 137-144.
- Dixon, J.R.(1956) A collection of amphibians and reptiles from west central Korea. Herpetologica. 12: 50-56.
- Duellman, W.E. and L. Trueb(1986) Biology of amphibians. McGraw-Hill, NewYork, 670pp.
- Hirai, T. and M. Matsui(2000) Ant specialization in diet of the narrow-mouthed toad, *Microhyla ornata*, from Amamioshima island of the Ryukyu archipelago. Curr. Herpetol. 19: 27-34.
- Mori, T.(1927) An addition to the reptile fauna of Korea. J. Chosen. Nat. Hist. Soc. 5: 68.
- Okochi, I and S. Katsuren(1989) Food habits in four species of Okinawan frogs. In: M. Matsui, T. Hikida and R.C. Goris(eds.), Current Herpetology in East Asia. Herpetol. Soc.Jpn., Kyoto, pp. 405-412.
- Park, S.R.(1985) Genetic variation among the natural population of the fire-bellied toad (*Bombina orientalis*) in Korea. M.E. thesis, Univ. of Inha, Incheon, Korea, 27pp.
- Santos, E.M., A.V. Almeida and D. Vasconcelos(2004) Feeding habits of six anuran (Amphibia: Anura) species in a rainforest fragment in Northeastern Brazil. Iheringia, S. r. Zool. 94: 433-438.
- Shannon, F.A.(1956) The reptiles and amphibians of Korea. Herpetologica, 12: 22-49.
- Sites, J.W.Jr.(1978) The foraging strategy of the dusky salamander, *Desmognathus fuscus* (Amphibia, Urodela, Plethodontidae): an empirical approach to predation theory. J. Herpetol. 12: 373-383.
- Stejneger, L.(1907) Herpetology of Japan and adjacent territory. U.S. Nat. Mus. 58: 1-577.
- Webb, R.G., J.K. Jones Jr. and G.W. Byers(1962) Some reptiles and amphibians from Korea. Univ. Kans. Publ. Mus. Nat. Hist. 15: 149-173.