

번식기간중 맹꽁이(*Kaloula borealis*)의 먹이 습성¹

고상범² · 장민호³ · 양경식⁴ · 오홍식^{2*}

Feeding Habits of the *Kaloula borealis* during the Breeding Season¹

Sang-Beom Ko², Min-Ho Chang³, Kyoung-Sik Yang⁴, Hong-Shik Oh^{2*}

요 약

맹꽁이(*Kaloula borealis*)의 먹이 습성을 밝히기 위하여 2011년 6월에 제주도 대정읍 일대에서 채집된 56개체에서 52개체의 먹이를 조사하였다. 위 속의 먹이는 Stomach Flushing Method를 이용하여 분석하였다. 분석결과, 맹꽁이(*Kaloula borealis*)의 주요 먹이는 파리류, 먼지벌레류, 개미류, 초파리류로 나타났다. 부피가 작은 먹이는 다양한 크기의 개체들이 포식을 하고 있으나, SVL이 큰 개체들은 부피가 큰 먹이들도 포식하여 에너지 효율성을 높이고 있다. 맹꽁이(*Kaloula borealis*)는 비행능력이 있고 활동적인 파리류나 초파리류를 먹이로 많이 이용하고 있는 것으로 보아 이들은 활발히 움직이면서 먹이를 포식하기보다는 기다리다가 포식하는 형태인 것으로 나타났다. 이번 연구를 통해 얻어진 맹꽁이(*Kaloula borealis*)의 먹이습성에 대한 연구 자료는 급격히 감소되어가는 이들의 보호와 개체군 보존전략에 대한 대안을 마련하는데 유용하게 활용될 것이다.

주요어: 양서류, 출현빈도, 생활사, 제주도

ABSTRACT

To investigate the feeding habits of the *Kaloula borealis*, the stomach contents of 52 out of 56 specimens collected around Daejung-up, Jeju Island in June 2011 were studied. The stomach contents were analyzed with the stomach flushing method. According to the results, the main preys of the *Kaloula borealis* were Diptera sp., Harpalidae, Formicidae and Drosophilidae. the *Kaloula borealis* of all sizes fed on small preys, while individuals with large SVL fed on big preys. By feeding on a large amount of food with a small number of activities, the individuals with large SVL is considered to enhance energy efficiency. In many cases, the *Kaloula borealis* fed on Diptera sp. or Drosophilidae, which are slow but active and capable of flying. As a result, the *Kaloula borealis* take the sit-and-wait form of preying rather than actively searching for food. The results of this research on feeding habits of the *Kaloula borealis* will provide valuable resources to protect the endangered *Kaloula borealis* experiencing a sharp decline in their population and to prepare plans for population preservation strategies for them.

KEY WORDS: AMPHIBIA, FREQUENCY OF OCCURRENCE, LIFE CYCLE, JEJU ISLAND

1 접수 2012년 2월 19일, 수정(1차: 2012년 3월 23일, 2차: 2012년 5월 25일), 게재확정 2012년 5월 26일

Received 19 February 2012; Revised(1st: 23 March 2012, 2nd: 25 May 2012); Accepted 26 May 2012

2 제주대학교 과학교육학과 Dept. of Science Education, Jeju Univ., Jeju(690-756), Korea

3 국립공원관리공단 국립공원연구원 National Park Research Institute, Korea National Park Service, Namwon(590-811), Korea

4 제주테크노파크 생물종다양성연구소 Jeju Biodiversity Research Institute, Jeju Technopark, Seogwipo(699-943), Korea

* 교신저자 Corresponding author(sciedu@jejunu.ac.kr)

서론

맹꽁이는 *Kaloula*속에 속하는 양서류로 우리나라에서는 유일하게 한 종이 서식하고 있으며, 제주도에서는 도내 곳곳에 널리 분포하고 있다(Ko *et al.*, 2011). 맹꽁이는 흙속이나 돌 밑에 서식하며 생활하기 때문에, 다른 무미류와는 먹이 습성이 다를 것으로 보인다. 육식동물의 포식활동 전략은 현대 행동 생태학의 중심 주제로, 이들은 효율적으로 먹이를 잡고 있으며, 주어진 환경조건에서 최대로 에너지를 얻고 있다(Krebs and Davies, 1997). 양서류의 포식활동에서 무미류는 두 가지 포식행동 중 한 가지 방법을 취한다. 하나의 방법은 활발히 돌아다니면서 포식활동을 하고, 또 다른 방법으로는 한 위치에 가만히 앉아 기다리다가 포식활동을 한다(Duellman and Trueb, 1994; Lima and Magnusson, 1998). 이러한 먹이활동의 특성은 주야간의 활동 패턴, 방어 메커니즘의 특성(위장, 탈출 또는 독극물), 서식지 거주 유형, 그리고 계절변화에 따른 먹이량과도 연결되어 있다(Toft, 1980; 1981; Duellman and Trueb, 1994).

무미류의 먹이습성에서도 번식양상에 따라 크게 두 가지 습성을 가지는데, 무미류의 번식기간이 일시적으로 짧은 기간에 일어나는 경우와 긴 기간 동안에 일어나는 것으로 나눌 수 있다(Wells, 1977). *Bufo japonicus*나 참개구리(*Rana nigromaculata*)와 같은 일부 종은(Hirai and Matsui, 2000b) 짧은 기간에 일시적으로 산란하는 종으로 번식시기에는 먹이를 먹지 않는다. 반대로, 4월에서 7월까지 긴 기간에 걸쳐 번식하며, 일본 전역에 분포하는 청개구리(*Hyla japonica*)는 번식기간 내내 먹이를 섭취하기도 한다(Maeda and Matsui, 1999).

무미류는 전통적으로 기회주의적인 포식 행동을 하는 잡식성의 포식자이다. 성체 무미류의 먹이는 주로 연체동물, 환형동물, 지네류, 노래기, 거미류, 갑각류, 그리고 곤충을 포함한 무척추 동물로 이루어져 있다(Toft, 1980; 1981; Duellman and Turbe, 1994; Lima and Magnusson, 1998; Van Sluys and Rocha, 1998; Anderson *et al.*, 1999).

무미류에서는 일반적으로 입을 벌렸을 때 벌린 입 크기가 먹이를 먹을 수 있는 최대크기로 간주되고 있으며, 몸의 크기나 입의 넓이가 다양한 무미류의 먹이패턴에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Berry, 1966; Houston, 1973; Labanick, 1976; Toft, 1980; Flowers and Graves, 1995; Newman, 1999; Hirai and Matsui, 2000a). 따라서 무미류는 성장함에 따라 포식에 대한 한계를 제거할 수 있고, 각 개체들은 보다 큰 먹이를 먹을 수 있게 되므로 이후에도 개체들이 포식전략을 전환할 수 있다(Christian, 1982; Lima, 1998).

본 연구는 번식기 맹꽁이의 개체군을 대상으로 그들의 먹이습성을 밝힘으로써 개체군 관리와 보전 및 복원에 필요

한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다.

재료 및 방법

조사는 2011년 6월 한 달간 제주도 대정읍 하모리에 위치한 습지에서 이루어졌다. 채집한 개체는 56개체로 제주대학교 동물학실험실로 옮겨 1%의 MS-222용액에서 마취시킨 후, Stomach Flushing Method(Leclerc and Courtois, 1993)를 이용하여 위속에 들어있는 내용물을 꺼내어 미리 준비한 10% 포르말린에 고정하였다. 채집지에서 실험실로 이동하는 시간에도 맹꽁이의 먹이는 위에서 소화되기 때문에 이동 거리를 최소한으로 하였으며, 이 과정을 2시간 안에 수행하였다. 또한 채집하였던 개체들은 snout-vent length(SVL; to nearest 0.1 mm)와 body mass(BM; to nearest 0.1 g)를 기록한 후 포획하였던 장소에 다시 풀어주었다. 맹꽁이는 비번식기에는 흙속이나 돌 밑에 서식하는 습성으로 인해 포획이 어렵고, 또한 성체와 어린개체는 크기가 다르기 때문에 먹이크기도 달라지므로 먹이습성을 일반화하기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구는 번식기에 포획한 성체를 가지고 분석하였다. 섭취한 위 내용물의 동정은 최대한 하위의 분류수준으로 하였고, 목(Order)과 과(Family)수준으로 구분하였다. 채집된 각 먹이의 최소길기와 폭을 디지털캘리퍼스(CD-20P, Mitutoyo Co.)나 calibrated ocular micrometer가 부착된 해부현미경(SZ-51, Olympus Co.)을 이용하여 0.1mm 단위로 측정하였다. 포식된 먹이의 길이와 폭을 이용하여 먹이의 부피를 산출하였다(Dunham, 1983).

$$V = 4/3\pi (L/2)(W/2)^2$$

맹꽁이가 SVL에 비례하여 먹이의 양이 많아지는지 아닌지를 알아보고자 먹이부피와 SVL에 대한 상관분석을 수행하였다. 이 분석은 포식자의 크기와 먹이의 크기 관계를 상관 분석에 의해 평가했다. 따라서 각각의 위에서 발견된 먹이 개체들에 대한 전체부피와 가장 작은 부피인 최소부피, 가장 큰 부피인 최대부피를 측정하였다. 다음으로 먹이종류 선택에서 크기에 따른 먹이 변화를 검출하기 위해, 4개의 주요한 먹이 분류군(>20%; Hirai, 2002)의 출현빈도와 맹꽁이의 SVL사이의 관계를 조사하였다. 또한 암수간의 몸크기 차이를 알아보기 위해 t-test를 수행하였다. 통계분석은 SPSS(statistical package for the social sciences, ver. 12.0) 프로그램을 이용하였다.

결과

채집된 56개체 중 포식된 먹이가 들어있지 않은 4개체를

제외한 수컷이 30개체와 암컷이 22개체인 52개체에 대하여 먹이원을 분석하였다. 암컷과 수컷의 먹이차이 분석에서는 암컷의 크기는 mean 47.6±2.9(range=41.7-55.2mm)이고 수컷의 크기는 mean 44.3±4.7(range=36.0-52.6mm)로 암컷이 수컷보다 큰 것으로 나타났다($t=-3.121$, $df=50$, $p<0.01$). 맹꽁이는 암컷과 수컷 모두 같은 종류의 먹이를 포식하므로 먹이 구성간의 차이는 없었다, 또한 암컷의 평균 먹이수(7.7±3.7 range=4-17)와 수컷의 평균 먹이수(8.0±4.1 range=3-19)에서도 유의성이 없게 나오고 있으며($df=50$, $t=0.324$, $p=0.748$), 암수 각 개체의 위 속에 들어 있는 먹이의 총 부피도 유의한 차이를 보이지 않았다($t=-1.460$, $df=50$, $p=0.151$).

맹꽁이의 위에서 확인된 먹이의 수는 총 409개였고, 모두 절지동물이었다. 절지동물중 곤충은 딱정벌레목(Cleoptera), 파리목(Diptera), 노린재목(Heteroptera), 벌목(Hymenoptera),

Table 1. Diet composition of *Kaloula borealis*(409 prey from 52 stomachs, total volume 17497.6 mm³)

Prey taxa	F	N	V
Cleoptera			
Chrysomelidae	9.6	2.0	2.8
Curculionidae	7.7	1.7	0.7
Harpalidae	38.5	13.2	19.4
Scarabaeidae	9.6	1.2	6.6
Tenebrionidae	5.8	1.7	0.6
Carabidae	9.6	1.7	11.0
Diptera			
Diptera sp.	48.1	17.6	23.5
Drosophilidae	23.1	22.5	1.3
Diptera larva	7.7	1.5	1.5
Heteroptera			
Pentatomidae	11.5	2.7	2.6
Miridae	5.8	1.5	0.3
Coreidae	9.6	2.0	5.9
Hymenoptera			
Formicidae	30.8	20.0	1.3
Vespidae	1.9	0.2	2.7
Tenthredinidae	7.8	1.5	1.2
Lepidoptera			
Lepidoptera larva	5.8	1.2	1.5
Homoptera			
Flatidae	7.7	3.4	1.3
Dermaptera			
Forficulidae	5.8	1.2	13.6
Araneida			
	13.5	3.2	2.2

*F: frequency of occurrence, N: numeric proportion, V: volumetric proportion

나비목(Lepidoptera), 매미목(Homoptera), 집게벌레목(Dermaptera)이었으며, 전체 먹이개체수의 96.8%, 전체 먹이 부피의 97.8%이었다. 곤충류를 제외하고는 거미류(Araneida)만이 확인되었다.(Appendix 1). 먹이 출현빈도(출현빈도> 20%, Hirai, 2002)는 파리류(Diptera sp.)가 48.1%, 먼지벌레류(Harpalidae)가 38.5%, 개미류(Formicidae)가 30.8%, 초파리류(Drosophilidae)가 23.1%이고, 먹이 개체수(먹이수> 6%)는 초파리류(Drosophilidae)가 22.5%, 개미류(Formicidae)가 20.0%, 파리류(Diptera sp.)가 17.6%, 먼지벌레류(Harpalidae)가 13.2%로 나타났다. 먹이 부피로는 파리류(Diptera sp.)가 23.5%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 먼지벌레류(Harpalidae) 19.4%, 집게벌레(Foriculidae) 13.6% 순으로 나타났다(Table 1).

맹꽁이의 SVL과 섭취한 먹이부피와의 관계에서는 개체의 크기가 클수록 부피가 큰 먹이를 포식하는 것으로 나타났으며(Figure 1), 상관분석에서도 유의하였다($p<0.01$). 또한 각 개체에서 가장 큰 먹이와 가장 작은 먹이의 관계에서도 유의하였고, 각 개체가 섭취한 가장 큰 먹이에서도 SVL이 클수록 먹이의 부피도 커져가면서 높은 상관관계를 보이며 유의성도 있는 것으로 나타났($p<0.01$). 또한 각 개체가

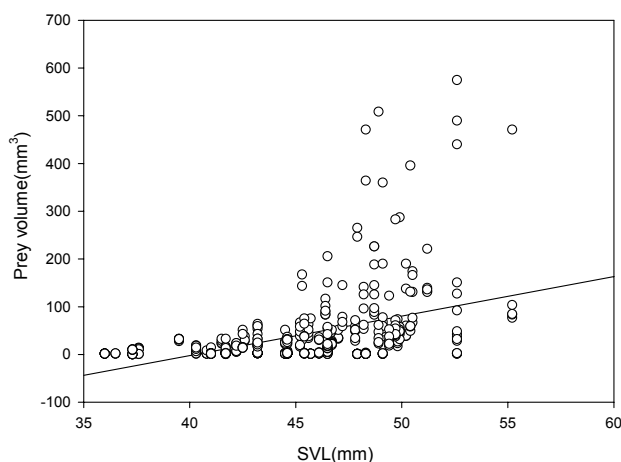


Figure 1. Relationship between frog snout - vent length (SVL) and total diet volume of prey items in a stomach

Table 2. Results of the correlation analysis

Prey volume	SVL	
	R	P
Total	0.42	<0.01
Maximum	0.76	<0.01
Minimum	0.51	<0.01

*R: correlation coefficient, P: level of significance, SVL: snout-vent length

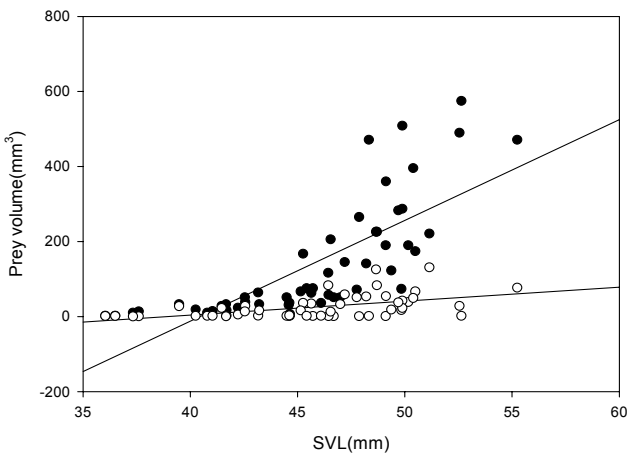


Figure 2. Relationships between snout - vent length(SVL) and minimum(○) and maximum(●) volumes of prey in a stomach

섭취한 가장 작은 먹이에서도 맹꽁이의 크기가 클수록 섭취하는 먹이가 커지고 있는 것으로 나타났다(Table 2, Figure 2).

출현빈도가 높은 주요 4개의 먹이군(먼지벌레류, 파리류, 개미류, 초파리류)에 대한 SVL과 섭취한 먹이부피와의 관계에서 먼지벌레류($p=0.35$)와 초파리류($p=0.26$), 개미류($p=0.19$)에서는 유의하지 않는 것으로 나타났다. 하지만 파리류에서는 상관관계와 유의성이 있는 것으로 나타나($p<0.01$), SVL이 큰 개체일수록 부피가 큰 먹이를 섭취한다는 것을 알 수 있었다(Figure 3, Table 3).

조사된 맹꽁이의 각 먹이의 부피분포를 보면, 거미류, 매

Table 3. Results of the correlation analysis in major prey taxa

Prey volume	SVL	
	R	P
Harpalidae	0.13	ns
Diptera sp.	0.52	<0.01
Drosophilidae	0.12	ns
Formicidae	0.15	ns

*R: correlation coefficient, P: level of significance, SVL: snout-vent length, ns: no significance

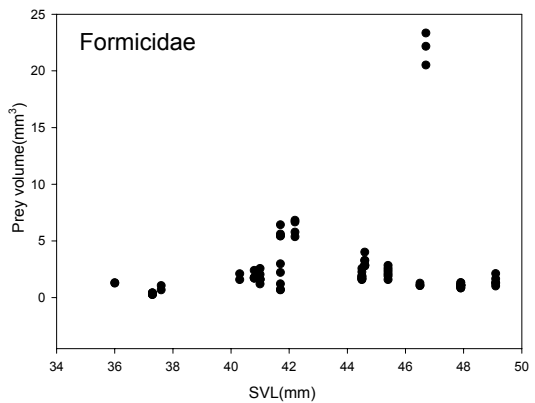
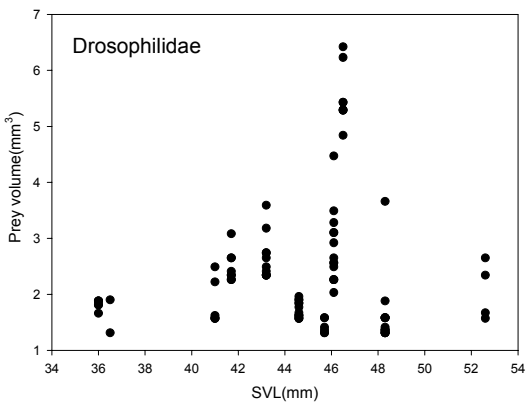
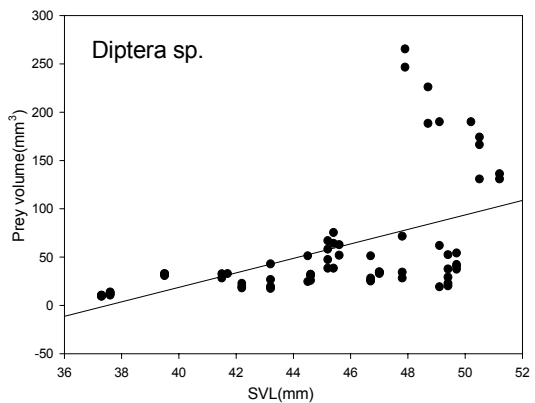
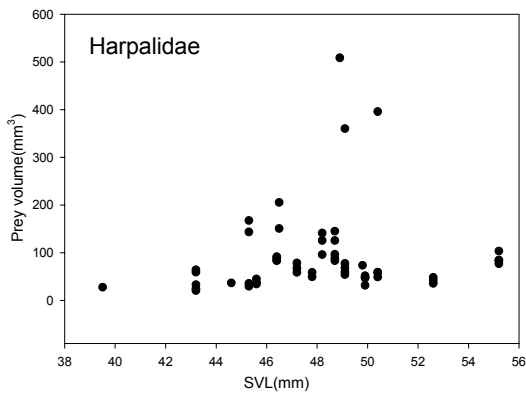


Figure 3. Relationship between frog snout-vent length(SVL) and the volume of the major prey taxa

미류, 나비류, 벌류는 분포범위가 크지 않은 반면 노린재류, 파리류, 딱정벌레류에서는 넓은 분포범위를 보였다. 집게벌레류인 경우는 부피가 큰 개체들로 이들은 주로 SVL의 크기가 큰 개체들이 먹이가 되고 있는 것으로 나타났다 (Figure 4).

고찰

본 연구는 생활사 전략에 가장 기본이 되는 뱀꽂이의 먹이원을 밝히기 위하여 이루어졌으며, 채집한 56개체 중 52개체의 위에 식이물이 들어 있었다. 조사된 먹이는 모두 절지동물이며, 주로 곤충을 먹이로 이용하고 있는 것으로 나타났다. Teixeira *et al.*(2006)은 *Stereocyclops incrassatus*의 연구에서 종이나 개체군의 위가 비어 있는 비율은 에너지 균형에 좋은 평가가 될 수 있고, 각 개체들이 위에 먹이가 들어 있는 비율이 높으면 개체들은 그 먹이로 에너지 균형을 유지하는데 유리하게 작용한다고 하였다. 반면에 단기간에 먹이를 많이 먹거나 아니면 일정기간 먹이를 먹지 않는 행동을 반복하는 종들은 위가 비어 있는 비율이 높아지고 에너지를 사용하기 위하여 몸의 지방이나 조직에 의존한다고 하였다. 또한 위에 있는 먹이양의 증가는 기초대사율의 증가와 관련이 있고, 추가로 생식활동에 필요한 에너지 제공을 가능하게 한다(Scott, 1995; Hirai, 2002; Grayson *et al.*, 2005). 이번에 조사된 뱀꽂이는 56개체 중 52개체에서 위안에서 먹이가 관찰되는 것으로 보아 연구된 개체들은 먹이를 항상 포식하고 있는 종으로 간주되며, 이들 종도 산란기에 지속적인 먹이활동을 함으로써 개체 성장이나 대사활동에 필요한 에너지로 이용하고 있는 것으로 보인다.

성적이형에서 양서류인 경우는 일반적으로 암컷이 수컷보다 크며(Shine, 1979), 이번 조사에서도 암컷이 크게 나타나고 있었다. 먹이 수와 부피에서 암수간에 서로 유사하게 나오고 있으며, 먹이구성에서도 암컷과 수컷이 서로 중복이 되고 있다. 또한 먹이 종류도 서로 겹치고 있는데 이러한 이유는 암수가 서로 같은 서식지에서 포식하고 있기 때문으로 알려져 있으며, 암수 또한 개체군 사이에서 몸의 크기와 입의 크기가 서로 중복이 되므로 같은 먹이구성을 갖는다(Measey, 1998; Hirai and Matsui, 2000b; Cross and Gerstenberger, 2002; Parker and Goldstein, 2004; Cicek, 2007; Silva *et al.*, 2009).

출현빈도로 본 뱀꽂이의 먹이로는 파리류가 가장 많았으며, 다음으로는 먼지벌레, 개미류 순으로 나타났다. Microhylidae에 속하는 대부분의 종들은 주로 개미를 먹이로 하고 있으며(Van Sluys *et al.*, 2006; Teixeira *et al.*, 2006), 남아메리카의 열대우림에 서식하는 종들에게서는 가장 중요한 자원중의 하나라고 하였다(Solé *et al.*, 2002). 하지만 Microhylidae에 속하는 종들이 개미들을 주로 먹는 것이 다른 먹이 종류보다 더 풍부하기 때문에 선택하는 것인지, 아니면 개미의 양과는 별개로 다른 곤충들 보다 우선적으로 개미를 선택하는지에 대해서는 서식지에서 상대적인 먹이의 이용 가능성에 대한 정보 없이는 결론지을 수

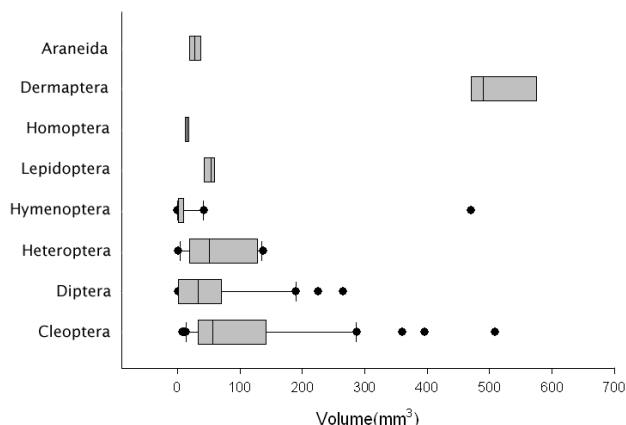


Figure 4. Volume distributions of the prey taxa consumed by *Kaloula borealis*

출현빈도(출현빈도 > 20%)가 높은 주요 4개의 먹이군(먼지벌레류, 파리류, 개미류, 초파리류)의 부피범위에서 개미류와 초파리류는 개체의 크기가 작고 부피범위가 좁게 나타나고 있으며, 모든 크기의 뱀꽂이들에게 포식당하는 것으로 조사되었다. 파리류와 먼지벌레류는 종에 따라 몸의 크기가 다양하게 나타나고 있으며, SVL이 큰 뱀꽂이는 몸의 부피가 작은 먹이원보다 부피가 큰 먹이원들을 포식하는 것으로 조사되었다(Appendix 1, Figure 5).

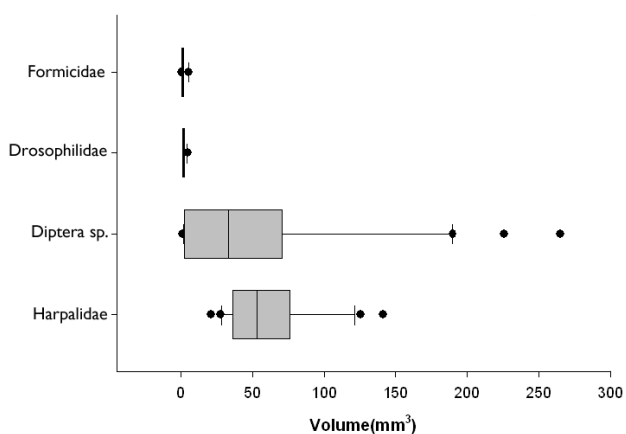


Figure 5. Volume distributions of the major prey taxa consumed by *Kaloula borealis*

없다(Van Sluys *et al.*, 2006). 또한 일반적으로 활동적인 무미류의 포식은 개미와 같이 작고, 지역적으로 풍부하고 수가 많을 때 이루어지고, 반면에 앉아서 기다리는 무미류의 포식방법은 메뚜기같이 하나의 먹이 크기가 크고 먹이수가 적을 때 이루어진다(Toft, 1980; 1981). 이번에 조사된 지역은 경작지로 1년에 두 세 번은 농작물을 재배하기 위하여 땅을 트랙터로 갈아엎고 있다. 땅속에 집을 짓고 사는 개미인 경우는 이러한 환경에서 많은 개체군이 서식하기 어렵고, 단지 돌로 둘러싸여져 있는 경계면 부근에만 서식이 가능하다. 따라서 이 지역에서는 개미를 먹이로 이용하기가 다른 곤충을 먹이로 이용하는 것 보다는 어려울 것으로 보인다. 맹꽂이의 은신처인 돌 밑은 야행성 곤충인 딱정벌레류의 주 서식지로서 밤에 활동하는 맹꽂이의 먹이가 되기에 적당하다고 판단되며, 이번 조사에서도 높은 비율로 포식되고 있었다. 또한 본 연구를 통해 비행성 곤충인 파리류와 초파리를 가장 많이 이용되고 있는 것이 확인되었다. 따라서 맹꽂이는 행동이 느린 관계로 돌아다니면서 활동적으로 포식하는 것보다는 앉아서 기다렸다가 비행성 곤충이 포식 범위 안에 들어 왔을 때 포식하는 것으로 보인다. *K. taprobanica*인 경우도 흰개미나 큰 파리류를 포식([Http://amphibiaweb.org](http://amphibiaweb.org))하는 것으로 보고되고 있으며, 우리나라에 서식하는 금개구리(*Rana plancyi chosonica*)인 경우도 같은 형태의 비행성 곤충의 먹이를 포식하는 것으로(Yoon *et al.*, 1998) 보아 맹꽂이와 같은 방법의 포식형태를 취하는 것으로 판단된다.

이번 연구에서 개체의 크기가 큰 맹꽂이인 경우는 집게벌레나 풍뎡이 같은 부피가 큰 먹이를 먹고 있으며, 상대적으로 크기가 작은 맹꽂이인 경우는 초파리나 개미 같은 작은 먹이를 더 많은 빈도로 섭취하고 있었다. 큰 개체가 부피가 큰 먹이를 섭취하는 것은 에너지의 효율성을 높이기 때문이다. 개미나 초파리같이 부피가 작은 먹이는 많은 양을 섭취해야 하기 때문에 충분한 먹이를 먹기 위해서는 여러 번의 포식행위를 하여야 할 것이다. 따라서 맹꽂이는 먹는 양에 비해 많은 에너지가 소모되게 된다. 하지만 큰 먹이를 섭취하는 경우는 몇 번의 포식활동으로 필요한 에너지를 얻을 수 있으므로 부피가 큰 먼지벌레나 파리류를 포식하는 것이 에너지 효율 면에서 더 유리하게 된다. 하지만 크기가 작은 개체들이 부피가 큰 먹이를 먹는 것은 소화기관의 제약으로 인하여 작은 먹이를 먹을 수밖에 없을 것으로 보이며, 이는 Hirai(2002)의 참개구리(*R. nigromaculata*)의 연구에서도 같은 결과를 보이고 있으며 효율적인 문제 때문이라고 지적하고 있다.

이번 조사에서 맹꽂이가 먹이로 사용하는 초파리나 개미류는 몸의 부피가 작을 뿐만 아니라 종에 따라 몸의 부피의 다양성이 적은 군집으로서 모든 크기의 맹꽂이가 빈번히

섭취하고 있었다. 파리류나 딱정벌레류에서는 몸의 부피가 작은 종부터 부피가 큰 종이 다양하게 분포되어 있어, 작은 개체의 먹이들은 모든 크기의 맹꽂이들에게 먹히고 있지만 부피가 큰 개체들은 크기가 큰 맹꽂이들에게서만 포식되고 있다. 양서류에서 먹이의 종류와 포식 전략은 생리적 내성과 형태의 제약 등 다양한 본질적인 요소에 의해 조절되며 다양한 진화의 결과로 볼 수 있다(Duellman and Trueb, 1994).

이번 연구를 통해 얻어진 맹꽂이의 먹이원과 먹이습성에 대한 연구 자료는 급격히 감소되어가는 맹꽂이의 보호와 개체군 보존전략에 대한 여러 가지 대안을 마련하는데 유용한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

인용문헌

- Anderson, A.M., D.A. Haukos and J.T. Anderson(1999) Diet composition of three anurans from the Playa Wetlands of Northwest Texas. *Copeia*, Lawrence, pp. 515-520.
- Berry, P.Y.(1966) The food and feeding habits of the torrent frog, *Amolops larutensis*. *Journal of Zoology*, London, 149: 204-214.
- Christian, K.A.(1982) Changes in the food niche during post-metamorphic ontogeny of the frog *Pseudacris triseriata*. *Copeia*, pp. 73-80.
- Cicek, K. and A. Mermer(2007) Food Composition of the Marsh Frog, *Rana ridibunda Pallas*, 1771, in Thrace. *Turkish Journal of Zoology*, 31: 83-90.
- Cross, C.L. and S.L. Gerstenberger(2002) *Rana catesbeiana* (American Bullfrog), Diet. *Herpetological Review* 33: 129-130.
- Duellman, W.E. and L. Trueb(1994) *The Biology of Amphibians*. New York, McGraw-Hill.
- Dunham, A.E.(1983) Realized niche overlap, resource abundance, and intensity of interspecific competition. In "'Lizard Ecology'" Ed by R.B. Huey, E.R. Pianka, T.W. Schoener, Harvard Univ Press, Cambridge, pp. 261-280.
- Flowers, M.A. and B.M. Graves(1995) Prey selectivity and size-specific diet changes in *Buffo cognatus* and *B. woodhousii* during early postmetamorphic ontogeny. *Journal of Herpetology* 29: 608-612.
- Grayson, K.L., L.W. Cook, M.J. Todd, D. Pierce, W.A. Hopkins, R.E. Gatten and M.E. Dorcas(2005) Effects of prey type on specific dynamic action, growth, and mass conversion efficiencies in the horned frog, *Ceratophrys cranwelli*. *Comp. Biochem. Physiol. A* 141: 298-304.
- Hirai, T.(2002) Ontogenetic change in the diet of the pond frog, *Rana nigromaculata*. *Ecological Research* 17: 639-644.
- Hirai, T. and M. Matsui(2000a) Myrmecophagy in a ranid frog

- Rana rugosa*: Specialization or weak avoidance to ant eating? Zoological Science 17: 459-466.
- Hirai, T. and M. Matsui(2000b) Feeding habits of the pond frog, *Rana nigromaculata*, inhabiting rice fields in Kyoto, Japan. Copeia, pp. 940-947.
- Houston, W.W.K.(1973) The food of the common frog, *Rana temporaria*, on high moorland in northern England. Journal of Zoology, London, 171: 153-165.
- Ko, S.B., Y.M. Ko and H.S. Oh(2011) Distribution of Spawning Sites of *Kaloula borealis* in Jeju Island. Kor. J. Env. Eco. 25(6): 846-852. (in Korean with English abstract)
- Krebs, J.R. and N.B. Davies(1997) Behavioral Ecology. An Evolutionary Approach, 4th edn. Blackwell Scientific, London.
- Labanick, G.M.(1976) Prey availability, consumption and selection in the cricket frog, *Acris crepitans*(Amphibia, Anura, Hylidae). Journal of Herpetology 10: 293-298.
- Leclerc, J. and D. Courtois(1993) A simple stomach flushing method for ranid frogs. Herpetological Review 24: 142-143.
- Lima, A.P. and W.E. Magnusson(1998) Partitioning seasonal time: interactions among size, foraging activity and diet in leaf-litter frogs. Oecologia, Berlin, 116: 259-266.
- Maeda, N. and M. Matsui(1999) Frogs and Toads of Japan. Rev Ed Bunichi Sogo Shuppan, Tokyo. (in Japanese with English abstract)
- Measey, G.J.(1998) Diet of feral *Xenopus laevis*(Daudin) in Wales, U.K. Journal of Zoology London 246: 287-298.
- Newman, R.A.(1999) Body size and diet of recently metamorphosed spadefoot toads(*Scaphiopus couchii*). Herpetologica 55: 507-515.
- Scott, D.E. and M.R. Fore(1995) The effect of food limitation on lipid levels, growth, and reproduction in the marbled salamander *Ambystoma opacum*. Herpetologica 51: 462- 471.
- Shine, R.(1979) Sexual selection and sexual dimorphism in the amphibia. Copeia. 2: 469-474.
- Silva, E.T., E.P. Reis, R.N. Feio and O.P. Ribeiro-Filho(2009) Diet of the invasive frog *Lithobates catesbeianus*(Shaw, 1802)(Anura: Ranidae) in Vicosa, Minas Gerais state, Brazil. South American Journal of Herpetology 4: 286-294.
- Solé, M., J. Ketterl, M. Di Bernardo and A. Kwet(2002) Ants and termites are the diet of the microhylid frog *Elachistocleis ovalis*(Schneider, 799) at an Araucaria forest in Rio Grande do Sul, Brazil. Herpetol. Bull. 79: 14-17.
- Parker, M.L. and M.I. Goldstein(2004) Diet of the Rio Grande Leopard Frog(*Rana berlandieri*) in Texas. Journal of Herpetology 38: 127-130.
- Teixeira, R.L., D. Vrcibradic and G.I. Almeida(2006) Food habits of *Stereocyclops incrassatus*(Anura, Microhylidae) from Povoação, Espírito Santo State, southeastern Brazil. Boletim do Museu de Biologia Professor Mello Leitão. 19: 53-58.
- Toft, C.A.(1980) Feeding ecology of thirteen syntopic species of anurans in a seasonal tropical environment. Oecologia, Berlin, 45: 131-141.
- Toft, C.A.(1981) Feeding ecology of Panamanian litter anurans: Patterns in diet and foraging mode. Journal of Herpetology 15: 139-144.
- Van Sluya, M. and C.F.D. Rocha(1998) Feeding habits and microhabitat utilization by two syntopic Brazilian Amazonian frogs(*Hyla minuta* and *Pseudopaludicola* sp.(gr. falcipes). Revista Brasileira de Biologia, São Carlos 58: 559-562.
- Van Sluys, M., G.M. Schittini, R.V. Marra, A.R.M. Azevedo, J.J. Vicente, and D. Vrcibradic(2006) Body size, diet and endoparasites of the microhylid frog *Chiasmocleis capixaba* in an Atlantic forest area of southern Bahia state, Brazil. Braz. J. Biol. 66(1A): 167-173.
- Wells, K.D.(1977) The social behavior of anuran amphibians. Anim. Behav. 25: 666-693.
- Yoon, I.B., J.I. Kim and S.Y. Yang(1998) Study on the food habits of *Rana nigromaculata* Hallowell and *Rana plancyi* Okada(Salientia; Ranidae) in Korea.. Korean J. Environ. Biol. 16(2): 69-76. (in Korean with English abstract)

(Appendix 1. Continued)

No	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
SVL(mm)	39.5	37.3	41.7	46.7	42.5	44.6	49.9	45.2	46.5	45.4	46.4	40.8	52.6	36.0	44.5	41.0	36.5	43.2	47.8	46.1	46.5	40.3	49.7	48.2	49.4	44.6
Sex	M	M	F	F	M	M	F	M	M	M	M	M	M	M	F	M	M	F	F	F	F	M	F	F	F	F
Cleoptera																										
Chrysomelidae									1	2				2								2				
Curculionidae							2				1															
Harpalidae	1					3				4						3	2	3		3			3			1
Scarabaeidae																							1			
Tenebrionidae						2					1										4					
Carabidae						1															2					
Diptera																										
Diptera sp.	4	5	1	4			4		3					2				3				4		5	4	
Drosophilidae					5			8					6		6	2										14
Diptera larva				2	2		1																			
Heteroptera																										
Pentatomidae					2												1	2								
Miridae								3								1										
Coreidae											3														1	
Hymenoptera																										
Formicidae		7	5	3				3	6		4		2	9	6						2					7
Vespidae																										
Tenthredinidae					1				1																	
Lepidoptera																										
Lepidoptera larva																									2	
Homoptera																										
Flatidae						3																				
Demoptera																										
Forficulidae												2														
Araneida																		2								2

* M: male, F: female