

TECHNICAL NOTE

내장산국립공원내 서식하는 안주애기박쥐(*Vespertilio sinensis*)의 외부형태 및 채식지 환경특성

정철운* · 김태근¹⁾ · 김성철 · 임춘우²⁾ · 한상훈³⁾

국립공원관리공단 충북원기술원, ¹⁾국립공원관리공단 국립공원연구원, ²⁾동국대학교 생명과학과, ³⁾국립생물자원관

External Morphology and Environment of Foraging Site in Asian parti-coloured Bat *Vespertilio sinensis* in Naejongsan National Park

Chul-Un Chung*, Tae-Geun Kim¹⁾, Sung-Chul Kim, Chun-Woo Lim²⁾, Sang-Hoon Han³⁾

Species Restoration Technology Institute, Korea National Park, Yeongju 750-811, Korea

¹⁾National Park Research Institute, Wonju 220-947, Korea

²⁾Dept. of Life Science, Dongguk Univ, Gyeongju 780-714, Korea

³⁾National Institute of Biological Resources, Incheon 404-170, Korea

Abstract

We have analyzed the external morphology and the environment of the foraging site of *Vespertilio sinensis*. The external morphology was analyzed by twelve parameters and the environment characteristics of the foraging site was analyzed using GIS 10.1 program. The wing membrane was inserted into the ankle of the hind foot and the wing ratio was 1.42, the middle type between broad-short wing type and long-narrow wing type. The fur color was blackish brown but the guard hair color was whitish. The shape of the ear was a rounded triangle and tragus was a fan shape. This study showed that *V. sinensis* preferred the deciduous forest of the upper forest zone, where human interference was less. We believed that abundance of insects, depending on water system, was closely related to the use of the foraging site. This result showed that the environment characteristics was very similar to the nature preservation zone including Baekyang valley and Keumsun valley in Naejongsan National Park.

Key words : Foraging activity, Habitat preference, Insectivorous bat, Morphological characteristic

1. 서론

박쥐는 개방된 공간, 산림 가장자리, 수계 주변 등 다양한 서식지 유형에서 채식활동을 한다(Schnitzler 등, 2003; Fukui 등, 2004; Zukal과 Rehak, 2006). 이러한 박쥐의 채식지 선택은 해당 서식지내 먹이자원의 분포에 의해서 영향을 받으며(Kusch 등, 2004), 특정 서식지에

대한 의존도는 먹이자원의 안정적인 공급 정도에 기인하게 된다(Zukal과 Rehak, 2006). 그러나 전 세계적으로 개발과 농약 사용의 증가와 같은 서식지의 질 저하로 인하여 박쥐 개체군은 감소하고 있으며(Davidson-Watts 등, 2006), 우리나라의 경우도 서식지 감소로 인해 박쥐의 개체수는 감소 추세에 있다.

박쥐가 특정 서식지 범위를 채식지로 이용한다는 것

Received 15 December, 2014; Revised 4 February, 2015;

Accepted 17 February, 2015

*Corresponding author: Chul-Un Chung, Species Restoration Technology Institute, Korea National Park, Yeongju 750-811, Korea

Phone: +82-54-637-9120

E-mail: batman424@naver.com

© The Korean Environmental Sciences Society. 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.

은 해당 서식지내 먹이자원이 풍부하다는 것을 의미하며, 이는 곧 박쥐 개체군의 보호를 위한 근거로 활용될 수 있다. 박쥐의 채식지 환경에 관한 연구는 종의 먹이원에 관한 정보를 제공해 줄 뿐만 아니라 그와 연계한 생태 및 행동에 관한 정보를 제공해 준다(Fukui와 Agetsuma, 2010). 반면 채식지의 교란은 식충성 박쥐(insectivorous bat)의 군집에 심각한 영향을 미칠 수 있다(Racey와 Entwistle, 2003; Fukui 등, 2004). 따라서 채식지 환경에 대한 연구는 먹이원 분석, 행동패턴 파악, 보호전략 수립 등을 위해서는 우선적으로 수행되어야 할 연구 분야이다. 이처럼 박쥐에 관한 기본적인 연구자료는 박쥐의 관리에 있어서 기초자료로 이용되어 질 수 있지만 각 종에 대한 연구는 부족한 실정이며(Fukui와 Agetsuma, 2010), 특히 우리나라의 경우 박쥐류의 보호와 관리를 위한 기초생태 연구는 거의 이루어지지 않은 상태이다.

본 연구대상종인 안주애기박쥐(*Vespertilio sinensis*)는 중형 크기의 식충성 박쥐로 중국, 우수리 지역, 한국, 타이완, 일본 등에 서식하고 있다(Abe 등, 2005). 서식지로는 주로 나무 구멍, 바위 틈과 같은 자연적인 구조물을 이용하는데 최근에는 산림벌채에 따른 서식지의 감소로 인하여 점차적으로 사람들에 의해 만들어진 인공 구조물에 의존하는 경우가 증가하고 있다(Fukui 등, 2010). 따라서 안주애기박쥐의 관리를 위해서는 종의 서식지 관리가 우선되어야 하며, 이를 위해서는 채식지와 같은 명확한 보호대상 범위가 설정되어야 한다.

지금까지 우리나라에서의 안주애기박쥐에 관한 자료는 Mori(1928)에 의한 기록 이후 몇 차례의 관찰 기록이 있을 뿐 채식지 환경을 포함하여 지금까지 본 종의 생태에 관한 연구는 전혀 이루어지지 않았다. 아울러, 채식지 환경과 같은 생태학적 자료 외에도 외부 형태학적 연구자료 또한 박쥐류의 분류와 진화 연구를 위해서는 필수적임에도 불구하고(Palmeirim, 1998) 안주애기박쥐의 외부 형태에 관한 세부적인 자료는 구축되어 있지 않다.

따라서 본 연구는 우리나라에서 채집기록이 드물며, 지금까지 거의 연구되지 않았던 안주애기박쥐를 대상으로 외부 형태학적 특징과 채식지의 환경특성에 관하여 분석하였으며, 추가적으로 향후 먹이원 및 서식지 관리에 활용할 수 있는 자료제공을 목적으로 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 박쥐 포획 및 조사범위 설정

본 연구는 2013년 4월부터 10월까지 내장산국립공원 지역을 대상으로 수행하였다. 조사범위의 선정은 내장산국립공원내 동일한 환경특성이 연결되어 있는 지역 및 국립공원 외곽지역을 제외하고 임상, 탐방로 및 수계와의 거리, 향 등 다양한 환경변수를 포함하고 있는 23개 지점을 선정하여 포획조사를 실시하였다. 박쥐의 포획은 mist net(7×3 m, 16 mm mesh, Poland)을 이용하였으며, 조사지점당 6개의 포획망을 설치하였다. 조사 결과 2013년 10월 내장산국립공원내 입암습지 주변에서 총 3개체의 안주애기박쥐를 포획하였으며, 포획지점 선정시 설정한 환경요인 기준이 충족되는 반경 500 m 지점을 채식지 범위로 설정 후 환경특성을 분석하였다(Fig. 1).

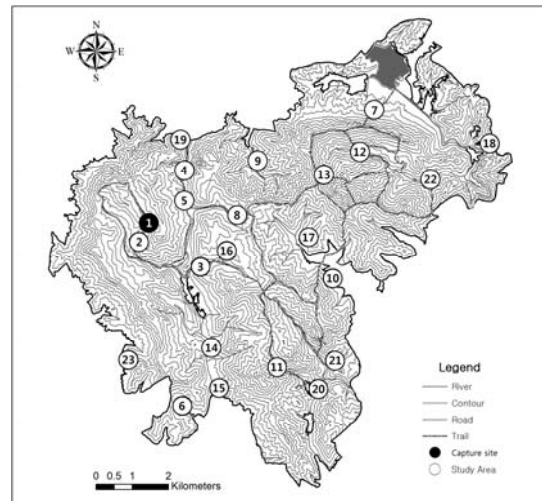


Fig. 1. Study area and capture site in Naejangsan National Park.

2.2. 외부형태 측정

안주애기박쥐의 외부 형태 측정은 두동장(head and body), 무게(weight), 전완장(forearm), 꼬리(tail), 뒷발(hind foot), 하퇴골(tibia), 귀(ear), 이주(tragus), 익장(wing span), 제3지(third digit), 제4지(fourth digit), 제5지(fifth digit) 등 12개 형질에 대하여 측정하였다. 측정에는 0.01 mm digital calipers(CD-15cpx, Mitutoyo, Japan)를 이용하였다.

2.3. 환경특성 분석

서식지 환경분석에는 ESRI사의 Arcview ver.10.1 GIS Tool을 이용하였으며, 사용된 기준은 환경적요인(지형, 기후, 식생, 하천)과 인위적요인(토지이용, 탐방로이용)등 18개의 변수를 이용하였다. 지형변수는 1:25000 수치지형도의 고도값을 나타내는 등고선 자료에서 값이 입력된 각 지점을 연속적인 삼각형으로 연결하는 불규칙 삼각망(TIN, Triangulated Irregular Network) 보간법을 적용하였고, 수치지형도의 정확도를 고려하여 10 m DEM 자료를 제작하여 고도, 경사, 사면향을 분석하였다. 기후변수는 기상관측소에서 측정된 기상자료를 이용하여 최대기온, 최고기온, 평균기온, 누적 강수량을 구분하여 분석하였다. 또한 식생은 수치임상도를 이용하여 혼효림, 활엽수림, 침엽수림으로 구분하여 식생지수를 분석하였다. 토지이용의 분석은 중분류 토지피복도를 이용하여 농경지, 나지, 초지, 습지, 도심으로 부더의 거리를 분석하였고, 탐방로 이용은 국립공원관리공단에서 제공하는 자료 중 법정탐방로 자료를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 외부 형태학적 특징

안주애기박쥐의 외부 형태 12개 형질에 대한 측정 결과는 Table 1과 같다. 안주애기박쥐는 중형의 박쥐로 Abe 등(2005)은 본 종에 대하여 전완장 47-54 mm, 무게 14-30 g, 꼬리의 길이 35-50 mm로 보고하였다. 본 연구에서 3개체의 안주애기박쥐에 대한 외부 형태 측정 결과 무게, 전완장, 꼬리길이의 평균은 각각 21 g, 48.08 mm, 43.38 mm로 Abe 등(2005)이 보고한 측정 범위와 동일하였다. 반면 두동장은 일부 차이를 보였는데, Abe 등(2005)은 안주애기박쥐의 두동장을 78-80 mm 로 기록하였으나 본 연구에서는 평균 64 mm로 더 작은 측정

치를 보였다. 그러나 Yoon 등(2005)이 2개체를 대상으로 기록한 측정값(62, 65 mm)과 비교해 볼 때 유사한 값을 보여 이에 관한 부분은 향후 보다 많은 개체수 측정을 통한 비교가 필요하다.

뒷발의 길이는 하퇴골 길이의 약 56% 였으며, 수컷의 음경 길이는 약 9.0 mm 였다. 비막은 발목 부분에 부착되어 있었으며(Fig. 2a), 익형율(III/V)은 1.42로 광단형과 협장형의 중간형으로 나타났다. 털은 기부에서 약 70-80%까지는 어두운 갈색인 반면 털의 말단부는 옅은 흰색을 띠는 밀도가 높았다(Fig. 2b). 따라서 짙은 갈색을 띠는 안면부와 비교하여 등면 및 배면의 털과 안면부의 경계가 상대적으로 명확하게 표현되었다. 귀는 길은 갈색으로 끝이 둥근 삼각형이며, 귀의 내측으로는 황주름이 잡혀 있었다. 이주는 부채꼴 모양의 둥근 반원 형태로 매우 짧은 특징이 있었다(Fig. 2c). 꼬리의 길이는 두 동장의 약 68%로, 꼬리의 말단부는 퇴간막 밖으로 약 3.0 mm 정도 돌출되어 있었다. 특징적으로, 퇴간막 안쪽

Table 1. External measurements of *Vespertilio sinensis*

Parameters	Values (N=3)
Head and body	66.36, 59.01, 67.02
Weight	20.00, 22.40, 21.10
Forearm length	48.36, 49.18, 46.70
Tail length	45.34, 42.03, 42.76
Hind foot	9.33, 11.82, 9.79
Tibia length	19.18, 18.36, 17.64
Ear length	15.00, 13.61, 15.82
Tragus length	5.15, 6.34, 6.41
Wing span	330, 310, 320
Third digit	81.94, 78.71, 76.84
Fourth digit	70.14, 68.51, 65.39
Fifth digit	56.86, 56.75, 53.96



Fig. 2. External morphological characteristics of *Vespertilio sinensis*. a) insert point of wing membrane, b) color of dorsal view, c) type of ear and tragus, and d) fur of uropatagium.

으로 배면과 비막 경계부의 갈색털이 퇴간막의 꼬리 중앙을 따라서 말단부까지 나 있었으며, 퇴간막 안쪽의 가로 횡주름을 따라서도 약하지만 조밀하게 표현되어 있었다(Fig. 2d).

3.2. 채식지 환경 특성

안주애기박쥐가 포획된 지점을 기준으로 전체 환경요인을 분석한 결과 기후, 지형, 식생, 토지이용 요인 등 광역적인 환경특성 분석결과는 Table 2와 같이 나타났다. 환경요인 가운데 고도는 평균 약 500 m로 포획지점 주변 반경 2 km 이내의 최고 고도가 620 m임을 감안할 때 높은 편으로 나타났다. 임상은 활엽수림으로 구성되어 있으며, 혼효림 및 침엽수림과는 각각 평균 866 m와 356 m가 이격되어 있는 것으로 나타났다. 탐방로와의 거리는 평균 288 m로 인위적인 간섭이 거의 없으며, 현장조사 결과 주변으로는 샛길 또는 불법산행 등의 이용행태도 확인되지 않았다. 또한 포획지점 주변으로는 폭 5 m 이하의 계류와 1.5 m 이하의 소형 지류들이 조성되어 있는 것이 확인되었으며, 이러한 수계의 영향 또한 안주애기박쥐의 채식지 선택과 밀접한 관련이 있을 것으로 판단된다(Fig. 3). 일반적으로 박쥐의 채식활동은 해당 채식지 환경내 곤충의 풍부도와 밀접한 관련이 있는데(Kusch 등, 2004), 수계주변은 다른 서식지 환경보다 곤충의 풍부도가 높기 때문에 박쥐의 채식지 선택과 관련하여 선호도가 높기 때문이다(Menzel 등, 2005).

결과적으로 광역 환경분석에 기초한 결과에 근거해

볼 때, 내장산국립공원내 안주애기박쥐의 채식지 환경특성은 산림내 고지대의 활엽수림 지역을 선호하며, 추가적으로 인위적인 간섭이 적으며, 곤충의 풍부도와 밀접한 관련이 있는 수계가 조성되어 있는 공간을 채식지로 이용하는 것으로 판단된다.

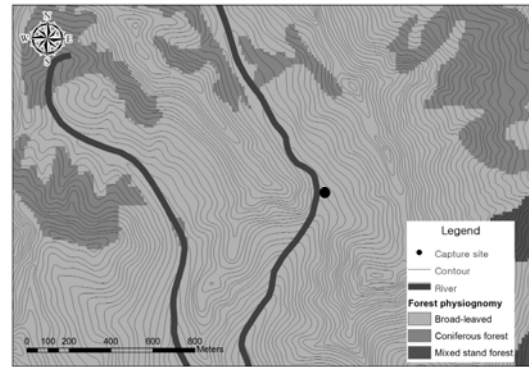


Fig. 3. Detailed topographic map of captured site in Naejangsan National Park.

수치지도를 통한 정량적 환경특성 분석 외에도 해당 지역내 곤충의 풍부도 또한 채식지 선택과 관련이 있을 것으로 판단된다. 박쥐의 야간 채식활동은 다양한 서식지 유형에서 이루어지지만, 가장 중요한 요인은 해당 서식지내 곤충의 분포와 풍부도에 의해서 결정된다(Zukal과 Rehak, 2006). 또한 안주애기박쥐의 주요 먹이원은 인시목(Lepidoptera), 파리목(Diptera), 딱정벌

Table 2. Environment characteristic of foraging site of *Vespertilio sinensis* in Naejangsan National Park

Environmental factors		Min	Max	Range	Mean	S.D.	Unit
Classification	Detailed						
Climate	Max. Temperature	19.6	20.6	1.0	20.1	0.7	℃
	Min. Temperature	4.2	6.1	1.9	5.2	1.3	℃
	Average Temperature	10.5	11.2	0.7	10.8	0.2	℃
Topography	Altitude	343.0	601.0	258.0	488.3	60.7	m
Land utilization	Distance from						
	Mixed stand forest	342.1	1318.0	975.9	866.6	238.4	m
	Broadleaf forest	0.0	42.4	42.4	0.3	3.2	m
	Coniferous forest	0.0	806.1	806.1	356.9	184.6	m
	Trail	0.0	594.0	594.0	288.8	169.2	m
	Water system	0.0	551.5	551.5	262.7	156.0	m

레목(Coleoptera)이 대부분을 차지하는데(Fukui와 Agetsuma, 2010), 안주애기박쥐의 먹이로 이용되는 이러한 많은 종류의 곤충들은 주로 수계가 조성되어 있는 활엽림 지역에서 서식 밀도가 높다(Kervyn과 Libois, 2008). 따라서 해당 채식지 공간의 경우 환경요인 외에도 주변의 다른 지역보다 곤충의 서식밀도가 높다는 것을 유추해 볼 수 있는 근거라고 판단된다.

이전의 연구결과에 따르면 안주애기박쥐는 주간 휴식 장소 주변의 목초지, 수계(지류, 웅덩이) 인근에서 채식 활동을 하는 것이 확인된 사례가 있다(Jin 등, 2012). 또한 박쥐는 한곳의 채식지만을 이용하기보다 여러곳의 채식지 사이를 이동하면서 활동하는 경향이 있기 때문에 본 조사에서는 포획되지 않았지만 내장산국립공원내 환경특성이 유사한 지역의 경우 안주애기박쥐의 채식지로 이용될 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 확인된 채식지 외에 추가적인 채식지로 이용 가능한 지역을 파악하기 위하여 포획된 지점에 대한 총 18개의 환경요인을 내장산국립공원 전지역에 대하여 중첩 후 추출하였다. 중첩에 이용된 환경요인은 4개 인자의 기후요소, 3개 인자의 지형요소, 식생, 10개 인자의 토지이용 요소를 적용하였다. 분석결과 개체의 포획지점을 중심으로 백양계곡과 금선계곡 일원의 중첩율이 높은 것으로 나타났으며, 해당 범위는 내장산국립공원내 자연보존지구 구역과 많은 중첩이 있음을 확인하였다(Fig. 4). 자연보존지구는 자연공원법에 따라 생물다양성이 풍부하거나 자연생태계가 원시성을 지니고 있는 곳으로 국립공원관리공단 해당 사무소에 의해서 잘 보존되어 있는 지역이다. 또한 국내에 서식하는 박쥐는 모두 식충성 박쥐로 안주애기박쥐의 채식지는 다른 박쥐중에 있어서도 중요한 채식지로 이용될 수 있다. 따라서 본 연구에서 추출된 자료는 안주애기박쥐의 채식지 관리 뿐만 아니라 자연보존지구의 관리 및 기타 식충목 박쥐류의 서식지 보호를 위한 근거로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 내장산국립공원내 23개 지점에 대하여 포획조사를 실시하였다. 따라서 내장산국립공원 전체에 대한 서식지 구조를 대변할 수 없으며, 또한 동일한 격자내에서도 서로 다른 서식지 구조에 따라 안주애기박쥐의 채식지 선택이 이루어 질 수 있다. 뿐만 아니라 안주애기박쥐의 먹이원 구성은 주로 인시목, 파리목, 딱정벌레목의 곤충이지만 시기에 따라서는 먹이의 선호도에서 차이

가 나타난다(Fukui와 Agetsuma, 2010). 따라서 먹이원에 근거한 계절별, 지점별 추가조사가 이루어져야 할 것으로 생각되며, 본 연구에서 높은 중첩율을 나타내어 대체 채식지로의 이용 가능성이 있는 범위에 대해서는 추가 검증 연구가 연계되어야 할 것으로 판단된다.

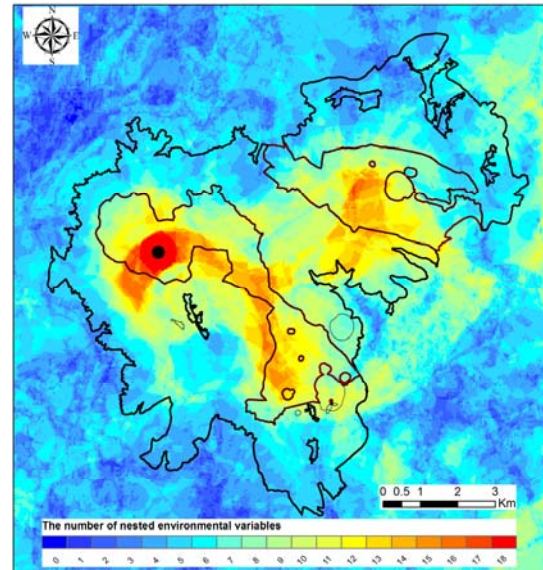


Fig. 4. Overlap ratio of environmental variables. Filled circle symbol and inner line show capture site and nature preservation zone respectively in Naejangsan National Park.

4. 결론

안주애기박쥐는 국내에서의 관찰 기록이 적으며, 종의 형태 및 생태에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 본 연구는 안주애기박쥐의 형태 및 야간 채식지 환경특성을 분석하여 향후 분류 및 서식지 관리에 필요한 자료를 구축하기 위하여 수행하였다. 안주애기박쥐의 특징적인 외부 형태는 털의 색깔, 귀와 이주의 형태, 퇴간막 내부의 털 등으로 표현할 수 있다. 털은 어두운 갈색이지만 끝부분은 옅은 흰색을 띠는 밀도가 높았다. 귀는 끝이 둥근 삼각형 형태였으며, 이주는 둥근 부채꼴 형태였다. 퇴간막의 안쪽으로는 황갈색의 부드러운 털이 꼬리 중앙을 따라서 조밀하게 배열되어 있었다.

내장산국립공원내 안주애기박쥐의 포획지점 환경특성을 분석한 결과 해발고도는 평균 500 m 이상으로 나

타났으며, 활엽림 지역을 선호하는 것으로 나타났다. 수계의 조성 또한 박쥐의 채식지 이용과 밀접한 관련이 있을 것으로 판단된다. 포획된 지점에 대한 환경요인을 내장산국립공원 전체에 대하여 중첩한 결과 자연보존지구 일원인 금선계곡과 백양계곡 주변의 중첩율이 높게 나타났다. 따라서 본 자료는 안주애기박쥐의 야간 채식지에 관한 기초자료 제공 뿐만 아니라 기타 식충목 박쥐류의 서식지 관리를 위한 근거로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCE

- Abe, H., Ishii, N., Ito, T., Kaneko, Y., Maeda, K., Miura, S., Yoneda, M., 2005, A guide to the mammals of Japan. Tokai University Press, Tokyo., 206 pp.
- Davidson-Watts, I., Walls, S., Jones, G., 2006, Differential habitat selection by *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus pygmaeus* identifies distinct conservation needs for cryptic species of echolocating bats. *Biological Conservation.*, 133, 118-127.
- Fukui, D., Agetsuma, N., Hill, D. A., 2004, Acoustic identification of eight species of bat (Mammalia: Chiroptera) inhabiting forests of southern Hokkaido, Japan: Potential for conservation monitoring. *Zoological Science.*, 21, 947-955.
- Fukui, D., Agetsuma, N., 2010, Seasonal change in the diet composition of the Asian parti-coloured bat *Vespertilio sinensis*. *Mammal Study.*, 35, 227-233.
- Fukui, D., Okazaki, K., Miyazaki, M., Maeda, K., 2010, The effect of roost environment on roost selection by non-reproductive and dispersing Asian parti-coloured bats *Vespertilio sinensis*. *Mammal Study.*, 35, 99-109.
- Jin, L., Wang, J., Zhang, Z., Sun, K., Kanwal, J. S., Feng, J., 2012, Postnatal development of morphological and vocal features in Asian particolored bat, *Vespertilio sinensis*. *Mammalian Biology.*, 77, 339-344.
- Kervyn, T., Lobo, R. 2008. The diet of the serotine bat, A comparison between rural and urban environments. *Belgian Journal of Zoology.*, 138, 41-49.
- Kusch, J., Weber, C., Idelberger, S., Koob, T., 2004, Foraging habitat preferences of bats in relation to food supply and spatial vegetation structures in a western European low mountain range forest. *Folia Zoologica.*, 53, 113-128.
- Menzel, J. M., Ford, W. M., Menzel, M. A., Carter, T. C., Gardner, J. E., Garner, J. D., Hofmann, J. E., 2005, Summer habitat use and home-range analysis of the endangered Indiana bat. *Journal of Wildlife Management.*, 69, 430-436.
- Mori, T., 1928, Four new species of bats(Vespertilionidae) from Korea. *Annotationes Zoologicae Japonenses.*, 11, 389-395.
- Palmerim, J. M., 1998, Analysis of skull measurements and measurers: Can we use data obtained by various observers?. *Journal of Mammalogy.*, 79, 1021-1028.
- Racey, P. A., Entwistle, A. C., 2003, Conservation ecology of bats. In: *Bat ecology* (Eds., Kunz, T. H., Fenton, M. B.). The University of Chicago Press., pp. 685-745.
- Schnitzler, H. U., Moss, C. F., Denzinger, A., 2003, From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. *Trends in Ecology and Evolution*, 18, 386-394.
- Yoon, M. H., Han, S. H., Oh, H. S., Kim, J. G., 2004. The mammals of Korea. *Dongbangmedia*. Seoul., pp. 36-94.
- Zukal, J., Rehak, Z., 2006, Flight activity and habitat preference of bats in a karstic area, as revealed by bat detectors. *Folia Zoologica*, 55, 273-281.