

ORIGINAL ARTICLE

## 도심 경관에 서식하는 관박쥐의 행동권 및 서식지 이용 특성

전영신 · 김성철 · 한상훈<sup>1)</sup> · 정철운\*

동국대학교 생명과학과, <sup>1)</sup>국립생물자원관

### Characteristics of the Home Range and Habitat Use of the Greater Horseshoe Bat (*Rhinolophus ferrumequinum*) in an Urban Landscape

Young Shin Jeon, Sung Chul Kim, Sang Hoon Han<sup>1)</sup>, Chul Un Chung \*

Department of Life Science, Dongguk University, Gyeongju 38066, Korea

<sup>1)</sup>National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to identify the characteristics of the home range and habitat use of *Rhinolophus ferrumequinum* individuals that inhabit urban areas. The bats were tracked using GPS tags. For analysis of the home range, Minimum Convex Polygon (MCP) and Kernel Home Range (KHR) methods were used. The landscape types of all positional information were analyzed using ArcGIS 9.3.1 (ESRI Inc.). The average home range of 16 *R. ferrumequinum* individuals was  $68.63 \pm 25.23$  ha, and the size of the overall home range for the females ( $85.49 \pm 25.40$  ha) was larger than that for the males ( $51.76 \pm 8.30$  ha). The highest average home range for the males was found in August ( $61.21 \pm 0.01$  ha), whereas that for the females was found in September ( $112.27 \pm 5.94$  ha). The size of 50% KHR ranged from a minimum of 13.26 ha to a maximum of 31.00 for the males and a minimum of 8.02 ha to a maximum of 42.16 ha for the females, showing no significant differences between the two sexes. In addition, males and females showed no differences in the size of 50% KHR in the monthly comparisons. However, the females showed differences in the size of their core area between periods before and after giving birth. The comparisons between 100% MCP and 50% KHR showed that the types of habitats used by *R. ferrumequinum* were mostly forest areas, including some farmlands. In addition, comparisons with a land cover map showed that the proportion of broad-leaved forests was the highest, followed by that of mixed forests.

**Key words** : GPS tag, National park, Home range, *Rhinolophus ferrumequinum*

#### 1. 서론

박쥐는 생태계 내에서 식충동물의 역할, 수분작용, 영양소의 분산과 같은 생태학적 역할과 함께 생태계 많은 부분에서 매우 중요한 요소라고 할 수 있다 (Castle et al., 2015). 대표적으로 곤충의 개체수를 조

절하는 역할 뿐만 아니라(Mikula and Cmokova, 2012), 벌을 대신해서 식물의 수분작용을 돕는 등 생태계의 건강성 유지에 중요한 역할을 하고 있다 (Pennisi et al., 2004). 특히 박쥐는 야행성 곤충의 가장 중요한 포식자이며 경관 변화에 민감하기 때문에 환경 상태에 대해서 많은 정보를 준다. 따라서 박쥐의

Received 25 April, 2018; Revised 31 May, 2018;

Accepted 19 June, 2018

\*Corresponding author: Chul Un Chung, Department of Life Science, Dongguk University, Gyeongju 38066, Korea  
Phone : +82-54-770-2514  
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.

서식이 가능한 환경은 다양한 생태계 서비스를 제공할 수 있는 녹색 인프라 조성이 가능하다. 그러나 박쥐 군집은 여러 가지 요인들, 즉 서식지 감소, 서식지 단편, 파편화, 은신처 교란, 환경오염에 대한 노출, 포식자의 도입 등으로 인해서 전 세계적으로 감소하고 있으며(Kervyn and Lobois, 2008), 현재 지구상의 박쥐 가운데 50% 이상이 멸종위기에 처해 있는 상황이다(Safi et al., 2007).

박쥐의 개체군 감소의 주요 요인 중 하나는 산림의 개발과 도심화에 따른 것이라고 볼 수 있다. 도심화에 의한 경관변화와 인구증가는 박쥐 군집과 서식지 이용에 직접적인 영향을 미치며, 인간에 의한 환경변화와 서식지의 질 저하가 박쥐에게 어떤 영향을 미치는지에 대해서는 많은 관심을 받아 왔다(Johnson et al., 2008). 도심지역은 교외지역의 서식지와 비교해서 동일한 양의 곤충을 제공할 수 있는 에코시스템이 아니기 때문에 박쥐에게 있어 채식활동에 어려움이 있다(Kervyn and Lobois, 2008). 따라서 도심지에 대한 박쥐의 서식지 보전을 위해서는 박쥐가 이용하는 야간 서식지와 채식지에 대한 이해가 필요하다. 그러나 해외 여러 나라의 경우에도 많은 종의 박쥐들이 법적 보호를 받고 있지만 현재까지 박쥐들에 의해서 이용되는 서식지에 대한 보호는 법률로써 보호받지 못하고 있는 실정이다(Glendell and Vaughan, 2002).

한국에는 23종의 박쥐가 서식하는 것으로 알려져 있다(Han et al., 2012). 최근 국내에서도 박쥐의 생태학적 특성에 관한 연구가 일부 종을 대상으로 이루어지고 있지만, 아직까지 국내 서식하는 박쥐류의 종 보전에 대한 기초자료가 될 수 있는 생태학적 학술정보 등 전반적인 연구는 미흡한 실정이다. 특히 도심 경관 내 서식하는 박쥐의 경우 주요 은신처들이 주로 인간의 간섭이 미치는 범위 내에 위치하기 때문에 서식지의 보호는 종의 보전을 위해서 아주 중요하다(Russo et al., 2002).

본 연구는 국내에서 가장 광범위하게 서식하고 있지만 행동권을 비롯한 생태학적 연구가 거의 이루어지지 않은 관박쥐(*Rhinolophus ferrumequinum*)를 대상으로 하였다. 최근 박쥐의 주요 감소 원인인 서식지 감소 및 훼손, 단편화, 교란, 환경오염 등은 모두 기존의 서식지에 대한 도심화 또는 개발에 따른 것으로 볼

수 있다. 비록 몇몇 박쥐는 인간에 의해 조성된 구조물을 서식지로 이용하기도 하지만, 도심화에 따른 서식 환경의 교란은 대부분의 박쥐에게 개체군 감소 또는 서식지의 질 저하라는 결과를 가져오게 된다. 따라서 본 연구의 목적은 단기적으로는 산림 파편화가 심한 경주국립공원 화랑지구내 서식하는 관박쥐의 서식지 유형과 주요 채식지에 대한 이용패턴을 파악하고자 하였고 장기적으로는 도심지내 서식하는 박쥐의 보전 및 복원전략 수립에 필요한 자료 수집을 목적으로 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구 대상지

경주국립공원은 1968년 한국에서 두 번째로 지정된 국립공원으로 유일한 사적형 국립공원이며, 문화재의 위치에 따라서 토함산지구, 남산지구, 단석산지구, 구미산지구, 대본지구, 화랑지구, 서약지구, 소금강지구 등 8개 지구로 나뉘어져 있다. 본 연구는 8개 지구 가운데 가장 도심화 및 서식지 파편화가 심한 화랑지구를 대상으로 이루어졌다. 화랑지구는 해발고도가 낮고 도심지 중앙에 위치하고 있어 이용률이 매우 높다. 면적은 경주국립공원의 8개 지구 가운데 가장 작은 2.8 km<sup>2</sup>로 전체면적의 2%를 차지한다. 단편화된 산림의 가장자리로는 강, 농경지, 과수원, 주택단지, 빌딩 등이 조성되어 있어 매우 다양한 경관을 보이고 있다(Fig. 1).

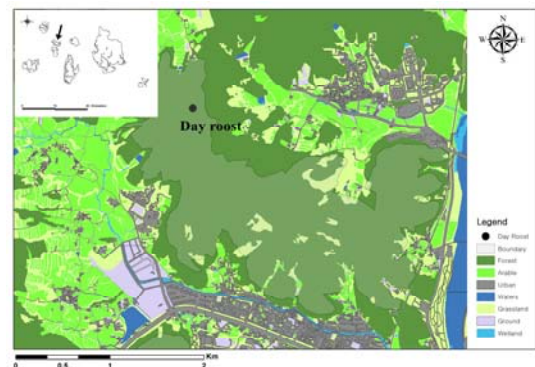


Fig. 1. Map of the study area (Hwarang district) in Gyeongju national park, Gyeongju.

2.2. 포획 및 GPS tag 부착

관박쥐의 행동권 분석을 위해서 경주국립공원 화랑지구내 주간 휴식처를 대상으로 2017년 5월부터 2017년 9월까지 매월(초순, 중순) 2회 GPS tag (pinpoint-50, Lotek Wireless, Canada)를 부착하였다 (Fig. 2). 포획은 일몰 후 double-stacked mist-net과 hand-net을 이용하였으며 총 20개체(male 10, female 10)를 포획하여 연구에 이용하였다. 연구에는 성체만 이용되었으며, 9월에 포획된 개체는 젖꼭지의 상태와 연골부 경과 정도에 따라 성체를 선별하여 연구에 이용하였다(Encarnacao et al., 2004). 본 연구에서는 발신기 부착에 따른 채식행동의 변화 및 수유행동에 대한 부정적 영향을 최소화하기 위하여 출산과 수유가 이루어지는 7월은 연구범위에서 제외하였다.



Fig. 2. Photographs of *Rhinolophus ferrumequinum* with an attached GPS tag.

2.3. 행동권 및 서식지 환경 분석

관박쥐의 행동권 및 서식지 특성 분석은 국토지리정보원에서 제공하는 연속수치지도(1/5,000)와 토지피복도, 산림청에서 제공하는 임상도를 사용하여 ArcGIS 10.1 (ESRI Inc.)의 home range tool로 분석하였다. 행동권은 MCP (Minimum Convex Polygon) 방법과 점의 밀도추정을 통해 핵심지역을 파악하는 Kernel density estimation (Kernel Home Range, KHR) 방법을 이용하여 분석하였다. 박쥐는 곤충의 서식밀도가 높은 특정한 지역을 채식지로 이용하는데 (Kalcounis et al., 1999), 박쥐가 특정 서식지에서 머무르는 시간은 채식활동과 양의 상관관계가 있다

(Kusch et al., 2004). 따라서 본 조사에서는 개체별 전체 행동권 분석은 MCP 100%를 기준으로 하였으며, 채식지는 KHR 50%로 규정하였다(Bontadina et al., 2002). 이용된 모든 개체의 전체 MCP 100%, KHR 50%, 주간휴식처로부터의 최대 이동거리 및 번식기 전후에 따른 비교를 위해서 Mann-Whitney test를 이용하였으며, 성별에 따른 월별 MCP 100%, KHR 50%, 주간휴식처로부터의 최대 이동거리 분석을 위해서는 Kruskal-Wallis test 를 이용하였다. 모든 분석에 대한 유의성은 SPSS Ver.18.0 (SPSS, Chicago, IL, U.S.A)을 사용하여  $p < 0.05$ 를 기준으로 하였다.

관박쥐의 행동권 범위내 환경특성 분석은 토지피복도의 대분류 카테고리의 7개 유형(시가화/건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지, 습지, 나지, 수역)으로 분류하였으며, 산림지역 임상구분은 활엽수림, 침엽수림, 혼효림으로 구분하였다(Table 1).

3. 결과 및 고찰

본 연구는 관박쥐의 행동권을 분석하기 위하여 암컷과 수컷 총 16개체를 이용하여 7월을 제외한 5월에서 9월까지의 행동권을 분석하였다. GPS tag의 회수는 수컷 평균 5.5일, 암컷 4.8일이 소요되었다. 분석에 사용된 GPS 데이터는 수컷  $46.00 \pm 5.01$ 개, 암컷  $43.37 \pm 3.78$ 개였다(Table 2).

관박쥐 16개체 전체의 평균 행동권은  $68.63 \pm 25.23$  ha였으며, 암컷은  $85.49 \pm 25.40$  ha, 수컷은  $51.76 \pm 8.30$  ha로 MCP 100%는 암컷이 더 컸다 ( $p < 0.05$ ). 주간 휴식처에서의 최대 이동거리는 암컷이 평균  $1.78 \pm 0.39$  km, 수컷이  $1.62 \pm 0.21$  km로 확인되었고, 암수의 유의적 차이는 없었다. 월별 평균 행동권은 MCP 100% 기준으로 5월 수컷  $52.26 \pm 2.85$  ha, 암컷  $76.23 \pm 2.88$  ha 였으며, 6월은 수컷  $45.06 \pm 8.37$  ha, 암컷  $52.22 \pm 7.46$  ha, 8월은 수컷  $61.21 \pm 0.01$  ha, 암컷  $101.25 \pm 0.47$  ha, 9월은 수컷  $48.53 \pm 4.23$  ha, 암컷  $112.27 \pm 5.94$  ha 였다. 성별에 따라서 수컷은 8월의 평균 행동권이 가장 컸고, 암컷은 9월의 평균 행동권이 가장 컸다.

관박쥐의 출산전(5월, 6월)과 출산후(8월, 9월)로 구분하여 MCP 100%를 비교한 결과, 수컷은 암컷의

**Table 1.** Habitat categories : The following seven dominant habitat categories were defined from habitat data and field surveys

Habitat categories (7 Type)	
Urban	Includes areas such as town centres, residential area, manufacturing area, commercial area, recreational facilities, traffic equipment, public facilities
Arable	Comprises arable land and grassland in rotation, horticultural land, restored landfill sites and non-agricultural/ settlement related bare ground.
Forest	Deciduous woodland, Coniferous woodland, Mixed woodland
Grassland	Includes a range of grasslands from permanent improved grasslands, amenity grasslands to unimproved acidic and calcareous grasslands and scattered scrub over grassland.
Wetland	inland wetland, coastal wetland
Ground	A land bare of earth without wood or grass
Waters	Includes standing water (lakes), running water(Inland water, Ocean water)

**Table 2.** Home range sizes and pinpoint GPS data of *Rhinolophus ferrumequinum*

Bat number	Weight (g)	Date affixed	Days in contact	No. of locations	MCP 100% (ha)	KHR 50% (ha)	Maximum distance to day roost (km)
♂ 1	19	5.01.	5	42	49.41	13.38	1.30
♂ 2	19	5.15.	7	39	55.10	31.00	1.50
♂ 3	20	6.01.	6	50	36.69	13.26	1.43
♂ 4	21	6.15.	5	51	53.43	-	1.62
♂ 5	20	8.01.	4	40	61.22	-	1.92
♂ 6	22	8.15.	6	46	61.20	-	1.54
♂ 7	20	9.01.	6	51	52.76	18.94	1.83
♂ 8	22	9.15.	5	49	44.30	-	1.79
Mean (S.D.)	20.38 (1.19)	-	5.50 (0.93)	46 (5.01)	51.76 (8.30)	-	1.62 (0.21)
♀ 1	19	5.01.	6	43	79.10	-	1.58
♀ 2	21	5.15.	5	45	73.35	13.18	1.49
♀ 3	22	6.01.	4	47	44.75	9.99	1.39
♀ 4	23	6.15.	3	40	59.68	8.02	1.33
♀ 5	22	8.01.	2	52	100.78	33.37	1.78
♀ 6	21	8.15.	5	47	101.72	20.10	2.17
♀ 7	22	9.01.	7	50	118.21	42.16	2.33
♀ 8	23	9.15.	7	47	106.33	24.18	2.14
Mean (S.D.)	21.62 (1.30)	-	4.87 (1.81)	43.37 (3.78)	85.49 (25.40)	-	1.78 (0.39)

**Table 3.** Home range sizes of *Rhinolophus ferrumequinum* during the survey period for each sex by month

Sex	Month	MCP 100% (ha)	KHR 50% (ha)	Max. distance from roost (km)
Male	May	52.26 ± 2.85	22.19 ± 8.81	1.40 ± 0.10
	June	45.06 ± 8.37	13.26 (-)	1.53 ± 0.10
	August	61.21 ± 0.01	- (-)	1.73 ± 0.19
	September	48.53 ± 4.23	18.94 (-)	1.81 ± 0.02
Female	May	76.23 ± 2.88	13.18 (-)	1.54 ± 0.05
	June	52.22 ± 7.46	9.01 ± 0.99	1.36 ± 0.03
	August	101.25 ± 0.47	26.74 ± 6.63	1.98 ± 0.20
	September	112.27 ± 5.94	33.17 ± 8.99	2.24 ± 0.10

출산 시기에 영향을 받지 않았지만 암컷은 출산 전 평균 행동권이 64.22 ± 12.01 ha 인 반면 출산 후에는 평균 106.76 ± 5.73 ha로 증가하였다(p<0.05).

야간 핵심지역(KHR 50%) 크기는 수컷이 최소 13.26 ha에서 최대 31.00 ha였고, 암컷은 최소 8.02 ha에서 최대 42.16 ha로 암수간에 유의적인 차이가 없었다. 또한 암수 모두 KHR 50%의 크기는 월별 비교분석에서도 차이를 보이지 않았다(female  $x^2=1.88$ ,  $p>0.05$ ); male,  $x^2=5.04$ ,  $p>0.05$ ). 그러나 암컷의 경우 출산을 기준으로 출산 전(10.40 ± 1.86 ha)과 출산 후(29.95 ± 7.81 ha)의 핵심지역 이용에 대한 크기는 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 주간 휴식처에서의 최대 이동거리는 수컷과 암컷 모두 9월에 각각 1.81 ± 0.02 km, 2.24 ± 0.10 km으로 가장 먼 거리를 이동하였다(Table 3, Fig. 3, and Fig. 4).

MCP 100% 와 KHR 50%에 대한 관박쥐의 서식지 이용특성을 분석한 결과 수컷과 암컷 모두 산림에 대한 이용률이 가장 높았고 다음으로 경작지가 많은 이용률을 보였다. 임상도에 근거한 산림 유형은 MCP 100%와 KHR 50% 모두 활엽수림의 비율이 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 혼효림의 비율이 높았다(Table 4, Table 5, and Fig. 5).

본 연구에서는 관박쥐의 행동권과 서식지 이용 특성을 분석하기 위하여 총 16개체에 GPS tag를 부착하였다. 총 16개체 전체의 평균 행동권은 68.63 ha, 암컷 85.49 ha, 수컷 51.76 ha로 암컷이 더 컸다. 월별 행동권 크기는 수컷은 8월의 평균 행동권이 가장 컸고, 암컷은 9월의 평균 행동권이 가장 컸다. 또한 출산 시기를 기준으로 행동권 크기를 비교한 결과 수컷은 암컷

의 출산과 관련이 없었으나, 암컷은 출산 전후에 대해서 명확한 차이를 보였다. 야간 체식지 크기는 암수간에 유의적이 차이가 없었다. 반면 암컷은 출산을 기준으로 출산전과 출산후 핵심지역 크기는 차이를 보였다.

박쥐는 번식기 동안 에너지 요구량이 증가하게 되며, 이는 곧 암컷의 행동권과 체식지 이용의 결과로 반영될 수 있다(Kurta et al., 1989). 결과적으로 암컷의 경우 출산과 수유기 이후 양육에 대한 생리적 스트레스가 없어 원거리의 다양한 체식지에 대한 이용률이 높아지게 되며, 어린 개체들과의 먹이경쟁을 피하기 위해서도 수유기 동안 이용했던 근거리의 서식지와 다른 지역에 대한 이용률이 증가하게 되는 것으로 생각된다(Chung et al., 2010). 반면 수컷의 경우 번식에 따른 생리적 스트레스와 관계가 없음에도 불구하고 8월의 행동권이 평균 61.00 ha로 조사기간 중 가장 크게 나타났다. 수컷은 번식기 동안 새끼에게 수유하거나 양육하는 행동이 없기 때문에 암컷에 비해서 생리적 스트레스가 덜하다. 그러나 여름이 되면 정자형성과 교미의 시작이 다가옴에 따라서 수컷의 에너지 요구량은 증가하게 된다(Racey and Tam, 1974). 본 연구에서 확인된 8월의 수컷 개체의 행동권 증가 또한 같은 이유로 설명되어진다고 판단된다.

박쥐의 서식밀도와 행동권은 먹이자원의 풍부도에 의해서 영향을 받게 되며 관박쥐의 경우 주로 체식활동이 비교적 산림이 밀집된 숲의 수관층과 계곡부, 산림 가장자리에서 이루어진다. 본 조사지역의 경우 주요 서식지내 산림의 면적이 비교적 협소하지만 관박쥐에 의해서 이용된 서식지의 경우 주변으로 인위적

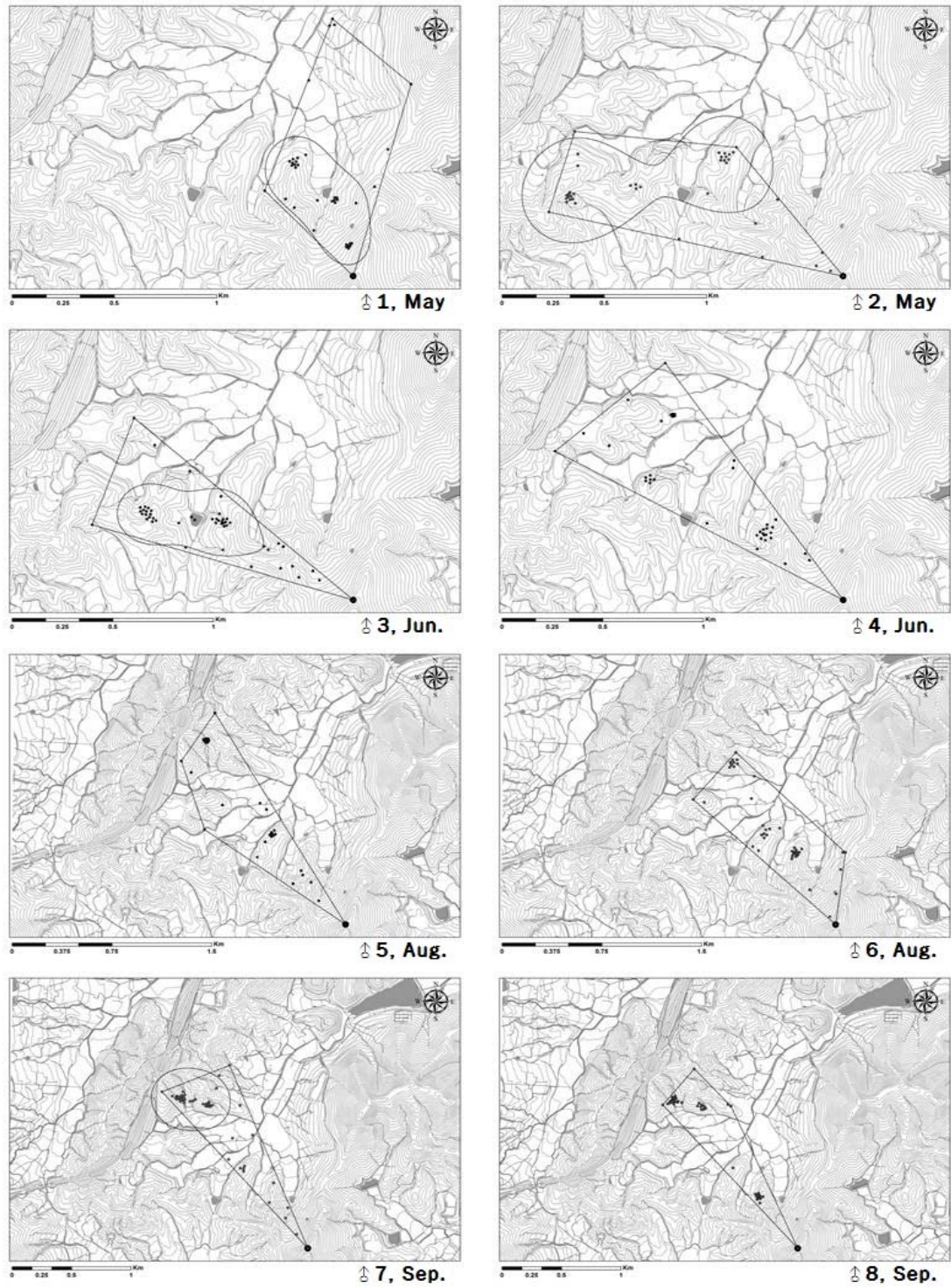


Fig. 3. Home-range (MCP 100%) and core area (KHR 50%) of *Rhinolophus ferrumequinum* of males.

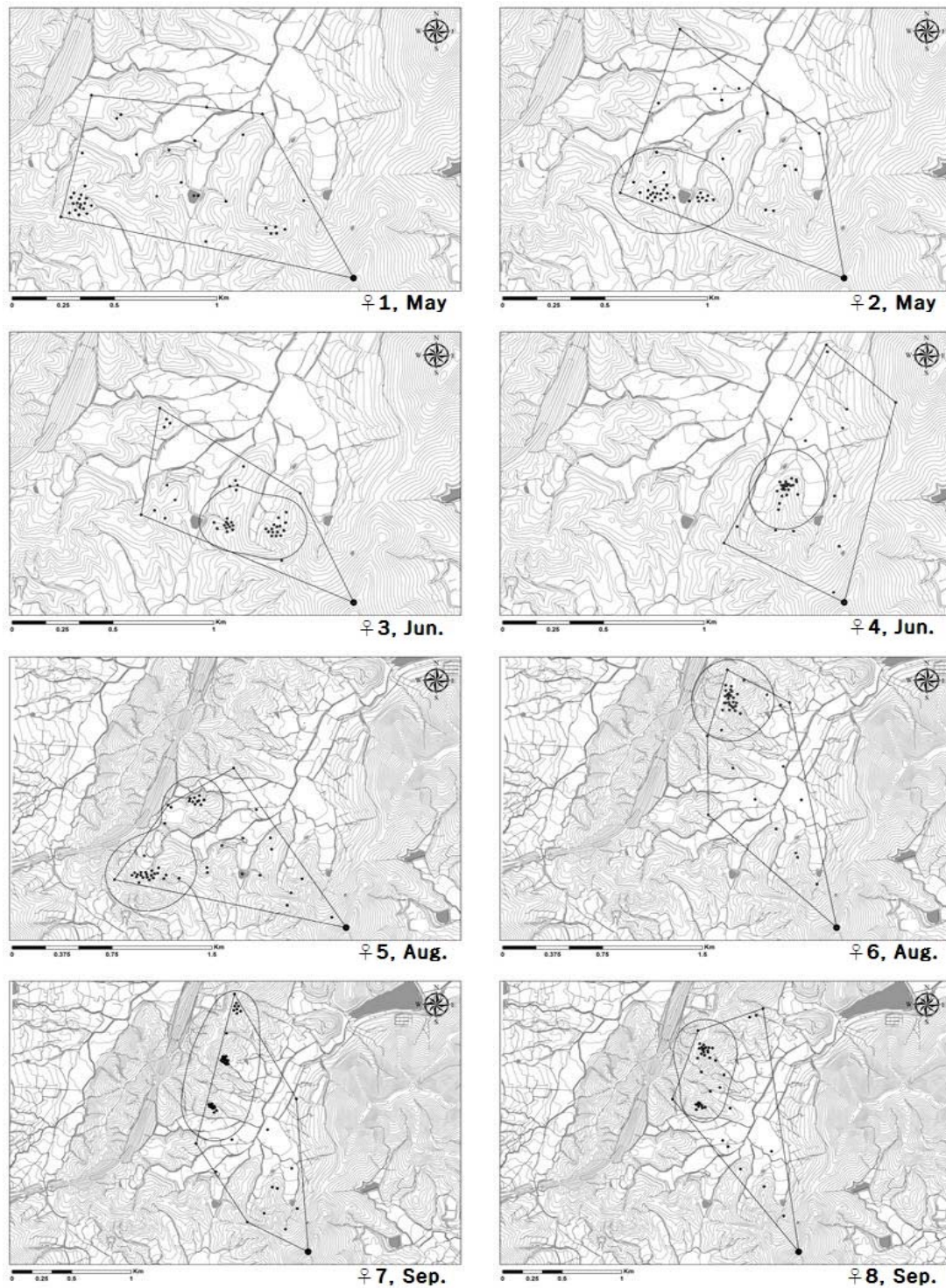


Fig. 4. Home-range (MCP 100%) and core area (KHR 50%) of *Rhinolophus ferrumequinum* of females.

**Table 4.** Land cover map ratio (%) of the home range (MCP 100%)

Number	Forest	Arable	Urban	Water	Glassland	Ground	Wetland
♂ 1	47.97	27.73	2.28	-	19.65	2.19	-
♂ 2	83.07	12.75	0.60	-	2.76	-	0.82
♂ 3	80.47	14.49	0.89	-	2.85	-	1.31
♂ 4	60.66	29.94	2.17	-	5.22	0.26	1.74
♂ 5	59.52	29.32	3.09	-	5.66	0.48	1.92
♂ 6	46.48	37.64	3.71	-	8.62	1.24	2.31
♂ 7	53.37	31.46	4.29	-	8.07	0.54	2.26
♂ 8	52.72	33.95	4.43	-	5.62	0.64	2.64
♀ 1	76.08	18.49	0.93	-	3.23	0.01	1.26
♀ 2	54.16	33.20	2.69	-	6.71	0.71	2.54
♀ 3	70.45	22.37	0.96	-	4.55	0.06	1.61
♀ 4	48.64	29.07	1.93	0.16	18.10	2.12	-
♀ 5	73.85	19.57	1.56	-	3.60	0.22	1.21
♀ 6	46.10	37.61	4.17	0.09	8.83	1.28	1.92
♀ 7	43.23	39.67	4.25	0.08	9.63	1.31	1.84
♀ 8	47.68	36.88	4.12	-	8.27	1.15	1.91

활동이 적고, 경작지의 발달로 인하여 다양한 곤충의 서식지가 연속성을 띠고 있기 때문인 것으로 판단된다.

암컷 개체의 수유 후기 증가된 행동권 및 원거리 이동의 경우 새끼에 대한 수유행동과 관계없이 생리적 스트레스가 없는 상태에서 보다 다양한 유형의 채식지 이용이 이루어진 결과로 볼 수 있고, 이는 동일한

주간 은신처를 이용하는 개체 및 비행을 시작한 어린 개체와의 먹이경쟁을 피하기 위한 방법 중 하나일 것으로 판단된다(Chung et al., 2011).

연구에 이용된 개체들의 서식지 이용은 산림지역이 높게 나타났으며(43.23 - 83.07%), 다음으로 경작지가 높은 이용률을 보였다(12.75 - 39.67%). 박쥐에 의해서 이용된 산림지역의 임상도에 따르면 MCP

**Table 5.** Land cover map ratio (%) of the core area (KHR 50%)

Number	Forest	Arable	Urban	Water	Glassland	Ground	Wetland
♂ 1	77.40	15.40	0.20	0.46	5.88	0.66	-
♂ 2	78.21	17.30	0.64	-	3.16	-	0.69
♂ 3	86.03	8.70	0.66	-	3.01	-	1.60
♂ 7	73.79	14.80	2.81	-	7.94	0.51	0.15
♀ 2	82.11	10.45	0.83	-	5.01	-	1.61
♀ 3	86.80	11.58	0.43	-	0.75	-	0.44
♀ 4	42.21	47.30	0.18	-	9.10	1.21	-
♀ 5	89.19	7.42	0.34	-	2.04	1.01	-
♀ 6	90.18	2.35	0.89	-	0.13	-	0.20
♀ 7	70.38	17.36	2.96	-	8.06	0.45	0.79
♀ 8	88.44	5.03	0.73	-	5.74	-	0.06



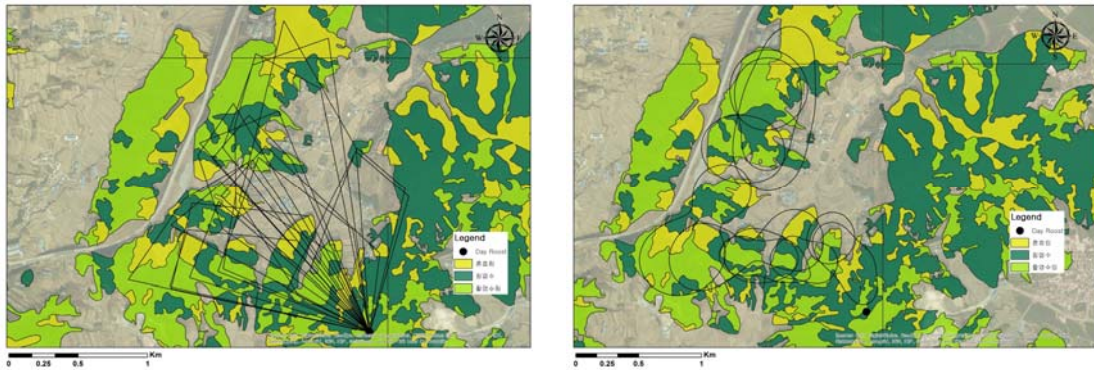


Fig. 5. Forest type map of the home range (MCP 100%, left) and core area (KHR 50%, right) of *Rhinolophus ferrumequinum*.

100%와 KHR 50% 모두 활엽수림의 비율이 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 혼효림의 비율이 높았다. 이는 관박쥐의 채식활동과 관련이 있는데 일반적으로 울창한 산림 내부에서 먹이활동을 하는 관박쥐의 특성상 곤충의 풍부도와 밀도가 높은 활엽수림과 혼효림을 선호하기 때문으로 판단된다. 본 연구결과에서 관박쥐의 주요 채식지는 북사면으로 제한된 경향을 보였다. 해당지역의 북사면은 박쥐류의 먹이활동에 적합한 산림이 존재하고, 완충지역 역할을 하는 농경지가 조성되어 있다. 비록 일부 민가나 인공구조물이 존재하나 인간의 야간활동이 거의 없고 이동하는 차량도 미비한 지역이다. 또한 관박쥐의 채식활동 중간에 휴식장소로 이용될 수 있는 인공 구조물이 다수 존재하여 박쥐의 야간활동에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보인다. 반면, 주간휴식처를 기준으로 남쪽과 서쪽의 경우 산림지역이 비연속적으로 단편화되어 있고, 빌딩, 주거단지, 도로 등 인위적 간섭이 복합적으로 이루어져 관박쥐의 야간활동에 부정적인 요인으로 작용했을 것으로 판단된다. 본 연구 지역은 경주국립공원 8개 지구 중 산림의 범위가 가장 작고, 서식지의 파편화도 비교적 심한 지역이지만, 산림주변 경작지와 초지 등 완충지대의 존재로 비교적 안정적인 서식이 이루어지고 있는 것으로 보인다. 그러나 주간휴식처의 경우 서식지 관리가 이루어지는 국립공원 경계 내부에 위치하지만 주요 채식지 및 활동지역은 국립공원지역과 비교적 떨어진 산림지역과 산림 가장자리에 위치한 경작지에서 이루어지는 것을 확인할 수 있

었고, 주요 서식지는 2.3 km 범위였다.

지금까지 선행된 대부분의 연구결과에 따르면 박쥐에 의해서 가장 선호되는 채식지는 수계 또는 수계와 인접한 서식지로 보고되었으며(Davidson-Watts and Jones, 2006), 식충성 박쥐와 수계와의 밀접한 관계는 많은 연구결과가 있다(Kalcounis-Rueppell et al., 2007). 그러나 본 조사결과 수계가 조성되어 있는 화랑지구의 남쪽, 서쪽, 동쪽 지역의 산림지역은 거의 이용되지 않았으며, 활엽수림과 농경지가 일부 조성되어 있는 북쪽 산림 지역만 집중적으로 이용되었다. 활엽수림 지역의 경우 대부분의 박쥐에 의해서 수계 서식지와 함께 가장 선호되는 서식지 가운데 하나로서, 본 연구결과에서도 높은 이용률을 보였다. 또한 관박쥐에 속하는 종들은 형태적인 측면으로 볼 때 발달된 활엽수림과 같이 복잡한 식생에서 채식활동을 하는데 최적화되어 있다고 볼 수 있다(Bontadina et al., 2002).

본 연구 대상지인 화랑지구는 남사면으로 국가 1급 하천인 형산강이 조성되고 있고 도심화 되어 있는 동쪽과 서쪽 지역 주변으로도 하천이 조성되어 있다. 비록 관박쥐가 산림 내부에서 채식활동을 하는 종이라고 하더라도 수계와 인접한 산림지역을 이용하지 않는 것은 심각한 도심화 및 야간까지 이어지는 인간간섭에 의한 것으로 생각된다. 화랑지구는 도로에 의해서 고립화 되어 있는 형태를 띠고 있다. 특히 인접한 국립공원 구역인 서악지구와 연결되는 구간으로는 왕복 8차선의 넓은 도로와 주택, 상가, 대형 빌딩 등이

밀집되어 있다. 도로와 박쥐와의 상관관계에 대한 일부 연구에 의하면 도로에 따른 횡단율 저하 뿐만 아니라 차량과의 충돌 또한 박쥐의 사망률에 있어서 높은 비율을 차지하고 있음을 보여주고 있다(Zurcher et al., 2010). 특히 도로에 의한 박쥐의 영향에 관한 연구결과에 따르면 교통량이 많을수록 박쥐의 도로 횡단비율은 낮아지는 경향을 보인다(Zurcher et al., 2010). 이는 차량과의 충돌에 의한 사망률 뿐만 아니라 일부 박쥐는 자신들의 반향정위 효과가 차량 통행에 의한 소음으로 인해서 영향을 받기 때문에 도로 주변에 조성된 채식지는 피하기 때문이다(Schaub et al., 2008). 이처럼 서식지 고립화를 유도하는 도로는 비록 주변으로 수계가 조성되어 있음에도 불구하고 선호되지 않는 결과를 가져온 것으로 판단된다. 도심화와 도로에 의한 영향 외에도 인공 조림에 의한 침엽수림이 우점하고 있는 이유 또한 화랑지구내 박쥐의 채식지 선호도에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 인공 조림지 특히 침엽수림 지역은 박쥐에 의해서 가장 선호되지 않는 서식지 가운데 하나로써, 이는 침엽수림 지역은 낮은 곤충의 밀도를 보여주는 결과를 반영한 것으로 볼 수 있다(Russ and Montgomery, 2002). 박쥐의 서식지 선택은 박쥐가 그 서식지에 얼마나 용이하게 접근할 수 있는가에 의해서 영향을 받게 되며, 박쥐의 채식행동은 서식지의 유형뿐만 아니라 먹이자원의 분포에 의해서도 영향을 받는다(Zukal and Rehak, 2006). 따라서 도심 경관내 서식하는 박쥐 군집의 보호와 관리를 위해서는 먹이자원과 주변 식생 그리고 각 종의 행동권 특징을 고려한 종합적인 관리가 필요하다.

#### 4. 결론

도심화된 경관에 서식하는 관박쥐를 대상으로 GPS tag를 이용하여 암, 수의 행동권과 서식지 이용특성에 대하여 파악하였다. 전체평균 행동권은  $68.63 \pm 25.23$  ha 였으며, 수컷( $51.76 \pm 8.30$  ha)보다 암컷( $85.49 \pm 25.40$  ha)이 더 크게 나타났다. 월별 행동권은 수컷이 8월, 암컷은 9월에 가장 크게 확인되었다. 수컷의 행동권은 암컷의 출산시기에는 영향을 받지 않았으나, 암컷은 출산시기를 기준으로 출산 전보다 출산 후의

행동권이 커지는 결과를 보였다. 관박쥐의 서식지 이용특성 분석 결과 암, 수 모두 산림을 가장 많이 이용하였으며, 혼효림보다 활엽수림의 이용 비율이 가장 높았다. 수계 주변은 모든 박쥐에게 있어 선호되는 서식지임에도 불구하고 본 연구에서는 야간 채식지로 이용되지 않았으며, 인근의 국립공원 지역인 서악지구로의 채식지 이동 또한 확인되지 않았다. 이러한 결과는 침엽수림이 우점하고 있고 파편화된 공원지역 가장자리로는 도심화된 경관과 도로가 조성되어 있어 경작지가 일부 조성되어 있는 북사면 지역을 주로 이용한 결과에 따른 것으로 판단된다. 따라서 도심지내 서식하는 박쥐군집의 보호를 위해서는 먹이로 이용되는 곤충의 발생이 다양하게 이루어질 수 있는 환경을 유지하고 조성하는 노력이 필요하며, 현재 집중적으로 이루어지고 있는 경관에 대해서는 식생구조와 먹이자원의 분포를 고려한 관리가 이루어져야 할 것이다.

#### REFERENCES

- Bontadina, F., Schofield, H., Naef-Daenzer, B., 2002, Radio-tracking reveals that lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*) forage in woodland, *J. Zool. Lond.*, 258, 281-290.
- Castle, K. T., Weller, T. J., Cryan, P. M., Hein, C. D., Schirmacher, M. R., 2015, Using sutures to attach miniature tracking tags to small bats for multi month movement and behavioral studies, *Ecol. Evol.*, 5, 2980-2989.
- Chung, C. U., Han, S. H., Kim, S. D., Lim, C. W., Kim, S. C., Kim, C. Y., Lee, H. J., Kwon, Y. H., Kim, Y. C., Lee, C. I., 2011, Home-ranges of female *Pipistrellus abramus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in different reproductive stages revealed by radio-telemetry, *Kor. Soc. Env. Ecol.*, 25, 001-009.
- Chung, C. U., Han, S. H., Lee, C. I., 2010, Home-range analysis of Pipistrelle Bat (*Pipistrellus abramus*) in non-reproductive season by using radio-tracking, *Kor. Soc. Env. Ecol.*, 24, 487-492.
- 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, *Biol. Conserv.*, 133, 118-127.
- Encarnacao, J. A., Dietz, M., Kierdorf, U., 2004, Reproductive condition and activity pattern of male Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*) in the summer habitat, *Mamm. Biol.*, 69, 163-172.
- Glendell, M., Vaughan, N., 2002, Foraging activity of bats in historic landscape parks in relation to habitat composition and park management, *Anim. Conserv.*, 5, 309-316.
- Han, S. H., Kim, S. S., Fukui, D., Oh, D. S., Jun, J. M., 2012, Biodiversity and phylogenetic research of bats in forest (II), *Natioanl Institute of Biological Resources.*, 1-81.
- Johnson, J. B., Gates, J. E., Ford, W. M., 2008, Distribution and activity of bats at local and landscape scales within a rural-urban gradient, *Urban. Ecosyst.*, 11, 227-242.
- Kalcounis, M. C., Hobson, K. A., Brigham, R. M., Hecker, K. R., 1999, Bat activity in the boreal forest: Importance of stand type and vertical strata, *J. Mammal.*, 80, 673-682.
- Kalcounis-Rueppell, M. C., Payne, V. H., Huff, S. R., Boyko, A. L., 2007, Effects of wastewater treatment plant effluent on bat foraging ecology in an urban stream system, *Biol. Conserv.*, 138, 120-130.
- Kervyn, T., Lobois, R., 2008, The diet of the serotine bat, A Comparison between rural and urban environments, *Bel. J. Zool.*, 138, 41-49.
- Kurta, A., Bell, G. P., Nagy, K. A., Kunz, T. H., 1989, Energetics of pregnancy and lactation in free-ranging little brown bats (*Myotis lucifugus*), *Physiol. Biochem. Zool.*, 62, 804-818.
- 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. Zool.*, 53, 113-128.
- Mikula, P., Cmokova, A., 2012, Lepidopterans in the summer diet of *Eptesicus serotinus* in Central Bohemia, *Vespertilio.*, 16, 197-201.
- Pennisi, L. A., Holland, S. M., Stein, T. V., 2004, Achieving bat conservation through tourism, *J. Ecot.*, 3, 195-207.
- Racey, P. A., Tam, W. H., 1974, Reproduction in male *Pipistrellus pipistrellus* (Mammalia: Chiroptera), *J. Zool.*, 172, 101-122.
- Russ, J. M., Montgomery, W. I., 2002, Habitat associations of bats in Northern Ireland: Implications for conservation, *Biol. Conserv.*, 108, 49-58.
- Russo, D., Jones, G., Migliozzi, A., 2002, Habitat selection by the Mediterranean horseshoe bat, *Rhinolophus euryale* (Chiroptera: Rhinolophidae) in a rural area of southern Italy and implications for conservation, *Biol. Conserv.*, 107, 71-81.
- Safi, K., Konig, B., Kerth, G., 2007, Sex differences in population genetics, home range size and habitat use of the parti-colored bat (*Vespertilio murinus*, Linnaeus 1758) in switzerland and their consequences for conservation, *Biol. Conserv.*, 137, 28-36.
- Schaub, A., Ostwald, J., Siemers, B. M., 2008, Foraging bats avoid noise, *J. Exp. Biol.*, 211, 3174-3180.
- Zukal, J., Rehak, Z., 2006, Flight activity and habitat preference of bats in a karstic area, as revealed by bat detectors, *Folia. Zool.*, 55, 273-281.
- Zurcher, A. A., Sparks, D. W., Vennett, V. J., 2010, Why the bat did not cross the road?, *Acta. Chiropt.*, 12, 337-340.