

ORIGINAL ARTICLE

농법에 따른 박쥐의 서식지 이용 특성 및 지표종으로써의 활용 가능성 고찰

전영신 · 김성철 · 임춘우 · 정철운*

동국대학교 생명과학과

Habitat Use Characteristics and Possibility of Bats as Indicator Species of Farming Methods

Young Shin Jeon, Sung Chul Kim, Chun Woo Lim, Chul Un Chung*

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

Abstract

This study was conducted in organic and conventional farming areas to understand the activity and habitat use patterns of bats according to farming methods. A total of 521 bat sounds were recorded, of which approximately 90% sounds were of *Pipistrellus abramus*. The activity of bats according to farming methods was significantly higher in organic farming areas. Bat activity was the highest for approximately an hour after sunset, and gradually decreased. Buzz calls in bats were also significantly higher in organic farming areas, and buzz calls were identified only in *Pipistrellus abramus*. Our results suggest that the activity of bats was significantly higher in organic farming areas, and the differences in activity and habitat use of bats according to farming methods show that bats can be used as an indicator species of farming methods.

Key words : Bat activity, Conventional farming, Farming methods, Indicator species, Organic farming

1. 서 론

서식지 파편화의 가장 큰 원인 중 하나는 주변 경관 구조를 조각화하며 이루어지는 전통 농업에 따른 토지 이용의 확대와 강화라고 할 수 있다(Fuller et al., 2005). 지금까지는 농업 수확량을 증대시키기 위하여 다양한 화학비료 및 농약의 사용을 권장하였으며 이에 따라 농경지 형태의 획일화, 단일작물 경작 면적의 증가, 서식지의 물리적 파괴 등을 초래하는 결과를 가져왔을 뿐 아니라 농약의 사용으로 종 간 경쟁, 숙주와 기생 관계, 포식 관계 등 다양한 생물학적 상관관계 및 군집

구조의 이상 현상이 보고되고 있다(Bengtsson et al., 2005).

최근의 여러 연구에 따르면 재래식 재배 시스템을 통한 농경지 면적 증가와 농업 강화로 인한 서식지 이질성 감소가 생물 다양성 감소의 주요 요인으로 간주되고 있다(Benton et al., 2003; Leksono, 2017). 이처럼 농업 활동의 강화는 단위면적당 농산물의 생산량 증가로 이어졌지만 이는 농업의 기계화와 함께 합성 화학비료와 농약의 사용을 통해서 이루어졌으며, 그 과정에서 경작 지에 대한 서식지 다양성과 건강성 감소 그리고 그 주변에서 서식하는 여러 생물 분류군의 부정적 영향과도 무

Received 28 August, 2023; Revised 28 August, 2023;

Accepted 25 September, 2023

*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.

Table 1. Basic data of survey site for organic and conventional arable land

No	Farmland Type	Location	Mean Area (m ²)
Site1	Rice paddy	Palbong-ri, Seomyeon, Hongcheon-gun, Gangwon-do	132,291
Site2	Rice paddy	Hwajeon-ri, Yongmun-myeon, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	120,000
Site3	Rice paddy	Deoksu-ri, Danwol-myeon, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	179,500

관하지 않다(Mickleburgh et al., 2002).

반면 유기농법은 자연적 생태계에 의존하여 식량을 생산할 수 있는 방법으로 관행농업으로 오염된 농경지 생태계와 감소된 생물다양성 회복을 위한 대안으로 유럽연합을 비롯한 많은 국가와 지역에서 장려되고 있다. 유기농업의 경우 관행농 지역에 비해 다양한 서식지 특징과 구조를 가지고 있으며 이는 곤 포유류, 조류, 절지류, 식물, 균류 등 다양한 생물 분류군의 다양성을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Wickramasinghe et al., 2003; Leksono, 2017).

지금까지 농법에 따른 생물상 및 다양성 차이와 영향에 관한 연구로는 생물 분류군에 따른 유기농의 긍정적 특징 분석(Fuller et al., 2005), 유기농이 종 다양성에 미치는 영향(Leksono, 2017), 농법에 따른 소형 포유류의 반응 연구(Coda et al., 2015), 유기농 대상지에서 양서류 보존에 따른 경제적 효율성 평가(Schuler et al., 2013) 등 다양한 연구가 이루어졌으며, 공통적으로 생물다양성 증대를 위한 유기농법의 긍정적인 역할에 대해서 보고하고 있다.

국내의 경우에도 농업직불금이나 농업환경 보전프로그램을 통해 농업환경 개선이 시급한 지역을 대상으로 농업인과 주민들이 환경보전 활동에 적극적으로 참여할 수 있도록 다양한 사업을 시행하고 있다. 그러나 국내 농업 분야에서는 이와 관련된 표준화된 조사방법이나 평가체계가 충분히 마련되지 않은 상황이며, “농업분야 생태환경 조사·평가 기준 및 매뉴얼(안)” (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2020)이 제시되고 있지만 다양한 분류군과 생태적 특징을 반영하지는 못하고 있는 실정이다.

국내 대표적인 유기농법 대상지 가운데 하나인 논 경작지는 곤충의 발생이 활발한 봄, 여름철 동안 하나의 수생태계 형태를 유지하고 있으며(Chung et al., 2010), 교외 지역의 지리적 특징에 따라서 산림과 인접하여 있는 등 주변의 다양한 생태계와 밀접하게 연관되어 있다. 그리고 이러한 논 경작지는 곤충의 발생과 개

체수 유지에 직접적인 관련이 있는 박쥐에게 야간 주요 활동공간으로 이용되고 있다(Chung et al., 2011).

박쥐는 곤충을 포식하는 식충동물의 역할을 하여 곤충의 개체수 조절(Mikula and Cmokova, 2012; Jeon et al., 2018), 벌을 대신해서 식물의 수분작용을 돕는 역할(Jeon et al., 2018), 영양소를 포함한 종자의 분산과 같은 생태학적 역할 등 생태계 내의 아주 많은 부분에서 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Castle et al., 2015; Jeon et al., 2018). 최근 들어서 이러한 박쥐의 생태학적 역할과 지위는 그 중요성 알려짐으로써 국제적으로 점차 많은 관심을 받고 있다(Wickramasinghe et al., 2003).

우리나라에 서식하는 박쥐의 경우 주로 산림지역, 도심지역, 교외 경작지를 야간 채식장소로 이용하는데 이중 집박쥐(*Pipistrellus abramus*), 검은집박쥐(*Hypsugo alaschanicus*), 대륙식큰수염박쥐(*Myotis aurascens*), 우수리박쥐(*Myotis petax*), 관박쥐(*Rhinolophus ferrumequinum*) 등 다양한 박쥐 종이 빌딩, 경작지, 도심 공원 등 인간의 생활범위와 밀접하여 서식하고 있다(Chung et al., 2011; Chung, 2020). 이중 집박쥐의 경우 동굴을 이용하지 않고 연중 인간에 의해 조성된 인공 구조물을 이용하며 야간 채식활동을 하는데 논 경작지에서 서의 활동빈도와 서식지 이용율이 아주 높다(Chung et al., 2011).

이처럼 논을 포함한 수계서식지의 경우 박쥐의 먹이원으로 이용되는 다양한 곤충의 발생이 이루어짐에 따라서 대부분의 식충성 박쥐들이 가장 선호하는 채식지 가운데 하나이며, 논 경작지와 같이 일정기간 수량이 확보되어 있는 서식지는 교외와 도심지역에 서식하는 집박쥐에게 있어서는 핵심 채식지역 중 하나로 이용되고 있다(Chung et al., 2010).

해외의 경우 이러한 박쥐의 생태학적 중요성을 고려하여 박쥐의 서식현황과 활동성 평가에 대한 자료를 해당 지역에 대한 생태계 건강성 지표로 활용하기도 하는데 이처럼 곤충을 주요 먹이원으로 하는 식충성 박쥐들

Table 2. Total number of bat passes for organic and conventional arable land

Site No	Sampling time	Total bat passes recorded	
		Organic	Conventional
Site1	1 st 60 min	76	59
	2 nd 60 min	56	41
	3 th 60 min	18	3
Site2	1 st 60 min	33	17
	2 nd 60 min	23	8
	3 th 60 min	9	2
Site3	1 st 60 min	47	31
	2 nd 60 min	34	45
	3 th 60 min	11	8

의 경우 농업활동의 강화로 인한 곤충의 감소가 개체군 생존에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 반면 상대적으로 생태계의 건강성 평가에 대한 척도로 이용할 수 있다 (Chung et al., 2011).

그러나 현재 유기농과 관행농은 화학적, 친환경적 처리에 대한 정도로 구분하고 있으며 그에 따른 생태계의 생물다양성 지표종 기준마련 및 유기농 및 관행농과의 비교를 통한 특정 분류군에 대한 활동성 및 서식지 이용율에 대한 평가는 거의 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 농법에 따른 먹이원의 변화와 그에 따른 변화상을 정량적으로 평가할 수 있는 박쥐를 대상으로 유기농과 관행농에 따른 활동성 차이를 파악하고 향후 이를 활용하여 농법에 따른 경작지의 건강성 평가와 유기농 지역에 대한 평가지표 개발에 필요한 자료구축을 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구지역

본 연구는 2022년 7월 말 박쥐의 출산과 수유가 종료된 후 국내 모든 식충성 박쥐의 활발한 활동이 이루어지는 기간에 대하여 강원도 홍천군 1개 지역, 경기도 양평군 2개 지역 등 총 3개지역을 대상으로 수행하였다. 각각의 조사지역은 친환경인증시스템에서 유기농 인증을 받은 대상지로 선정하였으며, 인근의 관행농 지역을 대조군으로 선정하여 총 3개 지역 6개 지점을 대상으로 수행되었다(Table 1).

2.2. 대상지 범위 설정

유기농과 관행농에 대한 선호도와 활동성 비교를 위해서는 두가지 유형의 경작지가 인접해 있어야 하며 주변으로 동일한 서식지 환경이 조성되어 있어야 한다. 특히 박쥐의 활동성 비교를 위해서는 사전조사를 통하여 조사대상지 인근으로 박쥐의 주간 은신처 확인과 실질적인 서식 확인이 선행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 대상지 선정시 주변 산림지역과 주거지역을 대상으로 박쥐의 은신처 구조물 유무를 확인하였으며, 초음파 가청변환기(D1000x, Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Sweden: sampling frequency = 384 kHz, resolution = 12 bits)를 이용하여 박쥐의 서식을 사전에 확인하였다. 조사대상지의 면적은 평균 140,000 m²였으며, 유기농과 관행농의 직선거리는 평균 500 m 이내로 선정하여 환경특성에 따른 변수를 최소화 하였다 (Fig. 1).

2.3. 박쥐 활동성 기록

각각의 조사지역 내에서 경작지 내부의 박쥐 활동성 평가를 위해서 경작지 중앙부와 가장 인접한 논 가장자리 지점을 선정하여 초음파 자동 녹음장치(Bioacoustics recorder, Songmeter SM4, 16-bit PCM WAV, 256 Sample Rates(kHz), Wildlife Acoustics, Inc)를 설치하였다. 초음파 자동 녹음기의 설치하는 지면에서 1.5 m 높이에 삼각대를 이용하여 고정하였으며 초음파 수신부는 경작지의 중앙부를 향하도록 설정하여 실질적으로 경작지 내부를 비행중인 개체를 감지할 수 있도록

Table 3. Differences of bat activity by bat species between survey site and farming type

Species	Site1		Site2		Site3	
	Organic	Conventional	Organic	Conventional	Organic	Conventional
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	3	1	1	0	5	2
<i>Pipistrellus abramus</i>	135	95	62	24	82	77
<i>Myotis petax</i>	9	5	0	1	1	2
<i>Myotis spp.</i>	3	2	2	2	4	3

하였다. 박쥐의 활동은 각 지점에서 60분당 박쥐의 이동 횟수를 계산하여 정량화 하였으며(Fenton, 1970), 박쥐의 이동 횟수와 함께 실질적인 채식활동 여부와 빈도를 분석하기 위해서 곤충의 포획과 직접적으로 관련되는 buzz call의 수를 함께 분석하였다.

2.4. 박쥐 동정

현장에서 녹음된 박쥐의 반향정위 음성은 실험실에서 Batsound 4.0 (Pettersson Elektronik AB, Uppsala, Sweden, sampling rate of 44.1 kHz, with 16-bit resolution)과 Kaleidoscope Pro V5 (Wildlife Acoustics Inc., Maynard, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 종 동정을 위하여 Chung(2020)의 자료를 참고하여 녹음된 음향파일에 대해서 각각 spectrogram과 peak frequency 등을 분석하였다. 국내 서식하는 박쥐 가운데 *Myotis* 속의 경우 초음파의 대역폭이 넓은 FM (Frequency Modulated) 형태의 초음파를 발산하기 때문에 일부 종은 정확한 동정이 어려운 경우가 있다. 따라서 각각의 초음파 항목 분석에도 불구하고 동정이 어려운 경우 속 수준까지 구분하여 기록하였다.

3. 결 과

연구기간내 초음파 녹음장치를 통해 확보된 음향파일은 총 587개였으며, 노이즈 파일을 제외한 박쥐 음성으로 분류된 음향은 유기농 지역 총 307회, 관행농 지역 총 214회로 총 521개였다. 유기농 지역과 관행농 지역에 대하여 일몰 후 시간대별 박쥐의 이동 빈도를 비교한 결과 박쥐의 활동성은 조사지역 모두 유기농 지역이 관행농 지역보다 높게 나타났다($p < 0.01$). 활동 빈도는 일몰 30분 후 첫 60분간 가장 높은 활동성을 보였으며, 시간이 경과할수록 점차 감소하는 형태를 보였다

(Table 2).

녹음된 박쥐 음향파일 분석결과 관박쥐(*Rhinolophus ferrumequinum*), 집박쥐(*Pipistrellus abramus*), 우수리박쥐(*Myotis petax*), 큰수염박쥐속(*Myotis spp.*) 이 확인되었으며, 각각 12회(2.9%), 371회(89.0%), 18회(4.3%), 16회(3.8%)로 집박쥐의 비율이 약 90%로 가장 높게 확인되었다(Table 3). 조사 대상지별 박쥐의 구성과 비율을 비교한 결과 유기농과 관행농 지역에서의 관박쥐, 우수리박쥐, 큰수염박쥐속 종의 활동성은 차이를 보이지 않았으나 약 90%의 비율을 차지한 집박쥐의 경우 농법에 따라 활동성의 유의적 차이가 확인되었다($p < 0.05$).

녹음된 박쥐 음향에 대하여 buzz call을 분석한 결과 모든 buzz call은 오직 집박쥐에서만 확인되어 집박쥐의 실질적인 야간 채식활동이 논 경작지에서 이루어지는 것이 확인되었으며, 농법에 따른 활동성과 마찬가지로 feeding buzz의 빈도 또한 유기농 지역이 관행농 지역보다 높은 것으로 나타났다(Table 4).

4. 고 찰

우리나라에 서식하는 박쥐는 모두 곤충을 먹이원으로 하는 식충성 박쥐로 구성되어 있다. 따라서 농법에 따라 직접적으로 영향을 받을 수 있는 수서곤충을 포함한 다양한 곤충류와의 상관관계를 고려할 때 박쥐류의 활동성과 야간 채식지 이용에 대한 자료는 유기농업지역의 건강성 평가 및 향후 박쥐류의 서식지 보전을 위해서도 매우 유용한 자료라고 할 수 있다. 지금까지 인접한 두 지역에 대해서 농법에 따른 생물상 차이 연구는 조류, 곤충, 식물 등 다양한 분야에서 널리 이루어져 왔다(Feber et al., 1997; Chamberlain et al., 1999; Letourneau and Goldstein, 2001). 그러나 포유류 가운데 특히 소형 포유류의 경우 먹이연계 과정에서의 높

Table 4. Differences of feeding buzz between organic and conventional farms. Buzz ratio = number of feeding buzzes per passes of *Pipistrellus abramus*

	Site1		Site2		Site3	
	Organic	Conventional	Organic	Conventional	Organic	Conventional
Feeding buzzes	37	23	18	6	28	20
Buzz ratio	27.40	24.21	29.03	25.00	34.14	25.97

은 기여를 통해 농업 시스템에서 중요하고 긍정적인 역할을 수행함에도 불구하고, 이를 이용한 연구는 거의 수행되지 않았다(Macdonald et al., 2000; Salamolard et al., 2000; Michel et al., 2006; Fischer et al., 2011; Coda et al., 2015).

농법에 따른 박쥐의 활동성과 관련하여 Wickramasinghe et al.(2003)은 유기농과 관행농에 대한 박쥐의 서식지 이용 특성을 비교한 결과 유기농 지역이 관행농 지역에 비해서 더 높은 활동성을 보였으며, 직접적인 곤충의 포획활동 또한 유기농 지역이 높음을 보고한바 있다. 본 연구에서도 유사한 결과가 확인되었는데 박쥐의 음향으로 분석된 총 521개의 자료를 분석한 결과 유기농 지역에서의 박쥐 활동성이 관행농에 비하여 더 높은 것으로 확인되었다.

본 연구에서 확인된 박쥐는 관박쥐, 집박쥐, 우수리박쥐, 큰수염박쥐속으로 박쥐의 활동성은 일몰 30분 후 첫 60분간이 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 약 90%의 높은 확인 빈도를 보인 집박쥐에 의한 것으로 동굴이나 산림내 서식하는 박쥐와 비교하여 일몰 후 가장 빨리 출현하여 채식활동을 하며, 산림 내부에서 채식활동을 하는 대부분의 박쥐와 달리 교외 주변의 공원, 경작지, 민가 주변을 비행하며 채식활동을 하는 집박쥐의 종 특이성에 따른 특징을 반영한 결과로 판단된다(Chung, 2020).

그러나 비록 농법에 따른 비교결과 각각의 시간대별로 유기농과 관행농 지역간에 박쥐 활동성의 유의적 차이가 확인되었으나 전체 이동 횟수와 초음파 감지 결과를 보면 관행농 지역에서도 많은 수의 박쥐 활동이 확인되었다. 박쥐는 하루에 수 킬로 이상을 비행하며 때로는 수십 킬로 이상 비행하기도 하는 등 이동성이 매우 높은 분류군이다(Chung, 2020). 또한 박쥐의 행동권을 고려할 때 본 연구대상지의 면적이 크지 않으며, 주변으로 다양한 채식지 환경인 수계 및 산림지역이 조성되어 있다. 특히 박쥐는 야간 활동 중에 여러곳의 채식지를 이

동하며 사냥하는데 해당 조사지역의 경우 농법에 따른 차이와 관계없이 채식시간의 이동과정에서 확인되었을 가능성도 배제할 수 없을 것으로 판단된다.

반면 농법에 따른 buzz call의 차이는 주변 환경의 차이와 관계없이 실질적으로 유기농 지역의 높은 이용율을 보여주는 결과로 판단된다. 녹음된 박쥐 음향에 대한 분석 결과 모든 buzz call은 오로지 집박쥐에서만 확인되었다. 식충성 박쥐의 초음파 변화는 주변 환경과 먹이 포획 과정에 따라서 매우 짧은 시간동안 다양하게 변화하며, 이 가운데 buzz call의 경우 곤충의 움직임에 감지한 후 포획 직전에 발산하게 된다(Chung et al., 2017). 박쥐의 야간 채식지 이용은 먹이원의 다양도보다 풍부도에 더 많은 영향을 받는다(Jeon et al., 2018). 따라서 유기농 지역에서 상대적으로 높은 buzz call은 논 경작지의 서식지 유형상 산림지역과 비교하여 곤충의 다양도는 낮을 수 있으나 높은 풍부도로 인하여 집박쥐의 주요 채식지로 이용된 것으로 판단되며, 추가적으로 모든 buzz call이 집박쥐에서만 확인된 결과는 논 경작지에서의 실질적인 먹이의 탐색과 포획은 집박쥐에 의해서 이루어지는 결과로 판단된다.

집박쥐 외에 본 조사대상지에서 확인된 기타 종의 경우 주변의 양호한 서식지 환경에 의한 영향으로 판단된다. 본 연구대상지 주변으로는 산림지역이 조성되어 있으며, 다양한 형태의 수계서식지가 인접해 있어 박쥐의 야간 채식지 및 채식시간 주요 이동경로로 이용될 수 있다(Rydell et al., 1994; Racey, 1998). 따라서 낮은 이동 횟수와 buzz call의 미확인 등으로 볼 때 집박쥐외는 경작지 상공에서 확인된 기타 종들의 경우 조사지역을 주요 채식장소로 이용하기 보다 특정 채식지 또는 서식시간 이동 과정에서 감지된 것으로 판단된다.

유기농 지역의 경우 서식지 특성상 관행농에 비하여 곤충의 풍부도가 더 높기 때문에 해당 서식지를 이용하는 박쥐에게 있어 보다 유리하게 작용할 수 있다. 본 연구결과에서도 박쥐의 활동성은 유기농 지역이 관행농

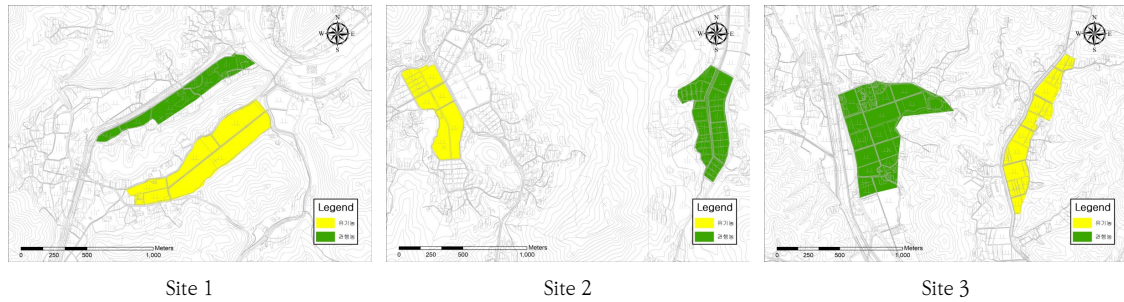


Fig. 1. Numerical map of study sites. (Yellow : Organic farms, Green : Conventional farms).

지역보다 더 높은 것으로 나타났으며, 곤충의 풍부도를 반영하는 먹이원의 포획 활동과 박쥐의 buzz call은 유기농 지역이 관행농에 비하여 유의적으로 더 높은 것으로 확인되었다. 그러나 연구대상지의 면적과 박쥐의 행동권을 고려할 때 유기농법으로 이루어지고 있다는 사실만으로 박쥐의 활동성을 대표하기에는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구가 이루어진 논 경작지의 경우 주변으로는 박쥐의 채식지로 이용될 수 있는 산림지역 및 수계서식지 환경이 조성되어 있다. 또한 유기농 지역에 비해서 관행농 지역의 먹이자원 풍부도는 낮을 수 있지만 그 외에 주변으로 인접한 산림이나 수계와 같은 양호한 서식지의 존재는 관행농 지역의 낮은 곤충 풍부도를 상쇄시킬 수 있다.

따라서 향후 유기농과 관행농 지역에 따른 박쥐의 활동성 평가를 위해서는 박쥐의 채식지를 대표할 수 있는 넓은 면적의 조사대상지 선정과 서식지 내부에서의 이동성 외에도 실질적으로 먹이원과 상관계수를 파악할 수 있는 buzz call의 빈도를 비교하는 것이 필요하며, 추가적으로 주변 환경특성 및 주간 은신처의 유무 등 다양한 요인을 함께 고려하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구결과 유기농 지역과 관행농 지역간의 박쥐의 활동성은 유의적인 차이를 보였으며, 특히 논 경작지에서 확인된 박쥐의 약 90%는 집박쥐로 확인되었다. 서식지내 실질적인 먹이포획 활동과 직접적인 관련성이 있는 buzz call 분석 결과에서도 오로지 집박쥐만 확인됨

에 따라서 본 연구가 이루어진 논 경작지에서의 야간 서식지 이용은 집박쥐에 의해서 이루어지고 있음을 확인하였으며, 향후 농법에 따른 활동성 비교 및 지표종 선정시 집박쥐를 대상으로 한 세부적인 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

농법과 관련하여 식물, 곤충, 조류 및 포유류에 대해 수행된 선행 연구에 의하면 유기농을 수행함으로써 농업활동 강화에 따른 부정적인 영향을 상쇄할 수 있는 것으로 알려져 있다(Roschewitz et al., 2005; Coda et al., 2015). 그러나, 그 영향의 크기는 분류군과 주변 경관의 특성에 따라서 다르게 나타날 수 있다(Bengtsson et al., 2005; Coda et al., 2015). 따라서 이러한 부분을 고려할 때 본 연구에서 확인된 농법에 따른 박쥐의 활동성과 채식지 이용을 차이는 농법에 따른 서식지 평가시 포유류인 박쥐가 이용될 수 있음을 보여주는 결과이며 향후 농법에 따른 대상지 건강성의 평가지표로 활용 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 ‘유기농업의 생태적 생물환경 평가체계 구축 및 가치평가(PJ017103022023)’ 연구사업의 지원을 받아 수행되었음.

REFERENCES

- Bengtsson, J., Ahnström, J., Weibull, A. C., 2005, The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A meta-analysis, *J. of Appl. Ecol.*, 42, 261-269.
- Benton, T. G., Vickery, J. A., Wilson, J. D., 2003, Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the

- key, *Tre. Ecol. Evol.*, 18, 182-188.
- 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.
- Chamberlain, D. E., Wilson, J. D., Fuller, R. J., 1999, A Comparison of bird populations on organic and conventional farm systems in southern Britain, *Biol. Con.*, 88, 307-320.
- Chung, C. U., Kim, S. C., Jeon, Y. S., Han, S. H. 2017, Variation in Echolocation and Prey-capture Behavior of *Rhinolophus ferrumequinum* during Foraging Flight, *J. Env. Sci. Int.*, 26, 779-788.
- 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.
- 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. J. Env. Eco.*, 25, 001-009.
- Chung, C. U., 2020, A Field guide to korean bats, Econature Press, Korea, 1-272.
- Coda, J., Gomez, D., Steinmann, A. R., Priotto, J., 2015, Small mammals in farmlands of Argentina: responses to organic and conventional farming, *Agri. Ecos. Env.*, 211, 17-23.
- Feber, R. E., Firbank, L. G., Johnson, P. J., Macdonald, D. W., 1997, The effects of organic farming on pest and non-pest butterfly abundance. *Agri. Ecos. Env.*, 64, 133-139.
- Fenton, M. B., 1970, A Technique for monitoring bat activity with results obtained from different environments in southern Ontario, *Can. J. Zool.*, 48, 847-851.
- Fischer, C., Thies, C., Tschardtke, T., 2011, Small mammals in agricultural landscapes: opposing responses to farming practices and landscape complexity, *Biol. Con.*, 144, 1130-1136.
- Fuller, R. J., Norton, L. R., Feber, R. E., Johnson, P. J., Chamberlain, D. E., Joys, A. C., Firbank, L. G., 2005, Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa, *Biol. Lett.*, 1, 431-434.
- Jeon, Y. S., Kim, S. C., Han, S. H., Chung, C. U., 2018, Characteristics of the Home Range and Habitat Use of the Greater Horseshoe Bat (*Rhinolophus ferrumequinum*) in an Urban Landscape, *J. Env. Sci. Int.*, 27, 665-675.
- Leksono, A. S., 2017, The effect of organic farming systems on species diversity, *Proceedings of the AIP Conference*, AIP Publishing, 1-5.
- Letourneau, D. K., Goldstein, B., 2001, Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California, *J. App. Ecol.*, 38, 557-570.
- Macdonald, D. W., Tew, T. E., Todd, I. A., Garner, J., Johnson, P. J., 2000, Arable habitat use by wood mice (*Apodemus sylvaticus*), A farm-scale experiment on the effects of crop rotation, *J. Zool.*, 250, 313-320.
- Michel, N., Burel, F., Butet, A., 2006, How does landscape use influence small mammal diversity, abundance and biomass in hedgerow networks of farming landscapes?, *Acta. Oecol.*, 30, 11-20.
- Mickleburgh, S. P., Hutson, A. M., Racey, P. A., 2002, A Review of the global conservation status of bats, *Oryx.*, 36, 18-34.
- Mikula, P., Cmokova, A., 2012, Lepidoptera in the summer diet of *Eptesicus serotinus* in Central Bohemia, *Vesp.*, 16, 197-201.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs., 2020, Evaluation Criteria and Manual for Ecological Environment in Agriculture. Korea, 1-98.
- Racey, P. A., 1998, The importance of the riparian environment as a habitat for British bats, *Zool. Soci. Lon.*, 71, 69-91.
- Roschewitz, I., Gabriel, D., Tschardtke, T., Thies, C., 2005, The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming, *J. Appl. Ecol.*, 42, 873-882.
- Rydell, J., Bushby, A., Cosgrove, G. C., Racey, P. A., 1994, Habitat use by bats along rivers in north east Scotland, *Fol. Zool.*, 43, 417-424.
- Salamolard, M., Butet, A., Leroux, A., Bretagnolle, V., 2000, Responses of an avian predator to variations in prey density at a temperate latitude, *Ecol.*, 81, 2428-2441.
- Schuler, J., Sattler, C., Helmecke, A., Zander, P., Uthes, S., Bachinger, J., Stein-Bachinger, K., 2013, The economic efficiency of conservation measures for amphibians in organic farming—Results from bio-economic modelling, *J. Envi. Mana.*, 114, 404-413.
- Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G., Vaughan, N., 2003, Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification, *J. App. Ecol.*, 40, 984-993.

-
- Doctor. Young-Shin Jeon
Department of Life Science, Dongguk University
bigboss369@naver.com
 - Doctor. Sung-Chul Kim
Department of Life Science, Dongguk University
tlrqkd01@naver.com

-
- Doctor. Chun-Woo Lim
Department of Life Science, Dongguk University
4spaceward4@hanmail.net
 - Adjunct professor. Chul-Un Chung
Department of Life Science, Dongguk University
batman424@naver.com