

# 백두대간보호지역의 천왕봉에서 악취봉 구간에 서식하는 조류의 다양성에 영향을 주는 생태적 요인<sup>1a</sup>

황현수<sup>2\*</sup> · 노두리<sup>2</sup> · 이윤경<sup>3</sup>

## Ecological Factors Influencing the Bird Diversity on Baekdudaegan Protected Area Cheonwangbong to Aghwibong Region<sup>1a</sup>

Hyun-Su Hwang<sup>2\*</sup>, Doory No<sup>2</sup>, Yunkyoung Lee<sup>3</sup>

### 요약

본 연구는 백두대간보호지역의 천왕봉에서 악취봉 구간을 대상으로 조류의 다양성에 영향을 주는 서식지 요인을 구명하기 위해 2021년 4월부터 2022년 12월까지 수행되었다. 백두대간보호지역의 천왕봉에서 악취봉 구간은 공간적 규모가 736.4km<sup>2</sup>로 광범위하고 다양한 서식 환경이 혼재하는 지역이다. 그에 따라 조사지역은 서식지 동질성 분석을 통해 3km×3km의 조사구를 선정하여 20개의 조사구를 대상으로 수행하였다. 조사지역의 서식지 환경과 조류의 다양성 사이의 관계를 분석한 결과 조류 군집의 다양성은 육상곤충의 다양성을 비롯하여 경사도, 서식지의 평균 면적, 임상과 해발고도, 농경지와와의 거리와 직·간접적으로 관련이 있는 것으로 나타났다. 서식지의 경사도를 비롯한 임상, 농경지로부터의 거리는 먹이원의 발생에 직·간접적으로 영향을 주며 서식지의 평균 면적과 임상은 서식지의 구조적 다양성과 밀접하게 관련된다. 따라서 조류 군집의 다양성은 서식지 내 먹이의 발생량과 서식지의 다양성에 영향을 받는 것으로 판단된다. 본 연구의 조류 군집과 서식지 환경의 관계는 조류 군집의 다양성 증진을 위한 산림의 관리방안을 수립하는데 기초 생태 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: 관리 방안, 먹이, 산림성 조류, 서식지 동질성, 서식지 이용

### ABSTRACT

This study conducted a survey from April 2021 to December 2022 to investigate habitat factors affecting bird diversity in the region between Cheonwangbong Peak and Aghwibong in Baekdudaegan protected area, South Korea. Since the region has a spatial scale of 736.4 km<sup>2</sup> and is an area where a wide variety of habitats are mixed, we selected 20 survey areas of 3 km x 3 km by analysis of habitat homogeneity. As a result of analyzing the

1 접수 2023년 10월 27일, 수정 (1차: 2023년 12월 26일), 게재확정 2023년 12월 27일

Received 27 October 2023; Revised (1st: 26 December 2023); Accepted 27 December 2023

2 국립생태원 자연환경조사팀 전문위원 National Ecosystem Survey Team, National Institute of Ecology, 1210 Geumgang-ro, Seocheon 33657, Korea (hhs1124@nie.re.kr)

3 국립생태원 자연환경조사팀 전임연구원 National Ecosystem Survey Team, National Institute of Ecology, 1210 Geumgang-ro, Seocheon 33657, Korea

a 이 논문은 국립생태원에서 지원하는 연구비(NIE-수탁과제-2021-06, NIE-수탁연구-2022-06)에 의하여 연구되었음.

\* 교신저자 Corresponding author: hhs1124@gmail.com

relationship between habitat environment and bird diversity in the survey area, it was found that the diversity of bird communities was directly or indirectly related to the diversity of terrestrial insects, slope, average habitat area, mean size of patches, elevation, and forest type, and distance from agricultural land. The slope of habitat, forest type, and distance from agricultural land affect the occurrence of food sources directly and indirectly, and the average area of habitats and forest type is closely related to the structural diversity of habitats. Therefore, it is determined that the diversity of bird communities is affected by the amount of food generated within the habitat and the diversity of habitats. It is determined that the relationship between bird communities and habitat environments in this surveyed region can be basic ecological data for establishing forest management measures to promote the diversity of bird communities.

**KEY WORDS: FOOD RESOURCE, FOREST BIRDS, HABITAT HETEROGENEITY, HABITAT USE, MANAGEMENT**

## 서론

백두대간은 백두산에서 지리산까지 이어지는 산맥으로 동아시아에서 가장 큰 산맥이다(Chung *et al.*, 2018). 5,857종의 동식물의 서식처로 활용되며, 우리나라 국토의 2.75%의 면적에 22.3%의 종이 서식하는(Ministry of Environment·National Institute of Ecology, 2021) 백두대간은 한반도 내에서 생물다양성이 높은 지역으로 생태적, 인문학적 중요성을 고려하여 2005년에 백두대간보호지역을 제정·공포하여 보호 및 관리되고 있다.

국내에 서식하는 조류 가운데 두견목(Cuculiformes), 딱따구리목(Piciformes), 수리목(Accipitriformes), 매목(Falconiformes), 비둘기목(Columbiformes), 쇠뿔새목(Caprimulgiforme), 올빼미목(Strigiformes), 참새목(Passeriformes) 등은 산림에서 주로 생활하는 산림성 조류로 우리나라에 서식하는 전체 조류의 58.8%이다(Choi *et al.*, 2021). 백두대간은 해발고도가 90m부터 1,898m로 다양하고 산림성 조류의 서식에 있어 번식지와 월동지로 활용되어 서식지로서의 중요성이 매우 높다. 산림에서 먹이사슬의 상위 포식자인 조류는 토지피복을 비롯하여 수계, 해발고도와 같은 서식지 환경요인과 서식지 내 생물상과 밀접한 관계를 갖는다(Bibby, 1999; Canterbury *et al.*, 2000; Melles *et al.*, 2003; Rhim *et al.*, 2015). 또한 생활사에 따라 활동의 범위가 넓어 서식지 내 환경의 변화에 민감하게 반응한다.

본 연구는 백두대간보호지역 내 서식하는 산림성 조류의 종 다양성과 서식지의 환경 변수와의 관계 파악을 통해 백두대간보호지역에서 서식하는 산림성 조류의 서식지 이용에 따른 종 다양성 증진을 위한 관리방안 수립의 기초자료 제공을 목적으로 수행하였다.

## 연구방법

### 1. 연구대상지

본 조사는 백두대간보호지역 내 지리산 천왕봉에서 악취봉에 이르는 지역을 대상으로 수행하였다. 조사지역은 행정구역상으로 경상남도 함양·하동·산청군, 전라남도 구례군, 전라북도 남원시, 장수군, 경상북도 김천·상주·문경시, 충청북도 영동·보은·괴산군을 포함한다. 이 지역은 해발고도가 132m ~ 1,853m이며, 식생은 신갈나무군락이 우점한다.

### 2. 조사분석

조사지역의 공간적 규모는 736.4km<sup>2</sup>로 면적이 넓고 다양한 서식 환경이 분포하고 있어 서식지 환경의 동질성 분석을 통해 중점조사구를 선정하여 조사를 수행하였다. 중점조사구의 선정을 위해 조사지역 내 서식지 요인은 수치지형도(National Geographic Information Institute, 2020)를 기반으로 수치표고모델(Digital elevation model, DEM)을 제작하였으며, 경사도, 사면향을 추출하였다. 또한, 물의 관계를 파악하기 위해 백두대간보호지역을 통과하는 수계로부터의 거리를 분석하였다. 더불어 토지피복도(Ministry of Environment, 2020)를 이용하여 조사지역 내 토지피복 유형을 구분하였으며, 토양의 특성 파악을 위해 토양배수 등급(Rural Development Administration, 2020)을 분석하였다(Figure 1). 수치표고모델, 경사도, 사면향, 수계로부터의 거리, 토지피복, 토양배수 등급 등의 환경요인을 기반으로 K-means clustering algorithm을 통해 서식지 동질성 분석을 하였다. 이후 백두대간보호지역 내 3km X 3km 격자를 형성하여 격자 내 K-means clustering algorithm의 최빈값(majority)을 기준으로 20개의 조사구를 선정하였다(Figure 2).

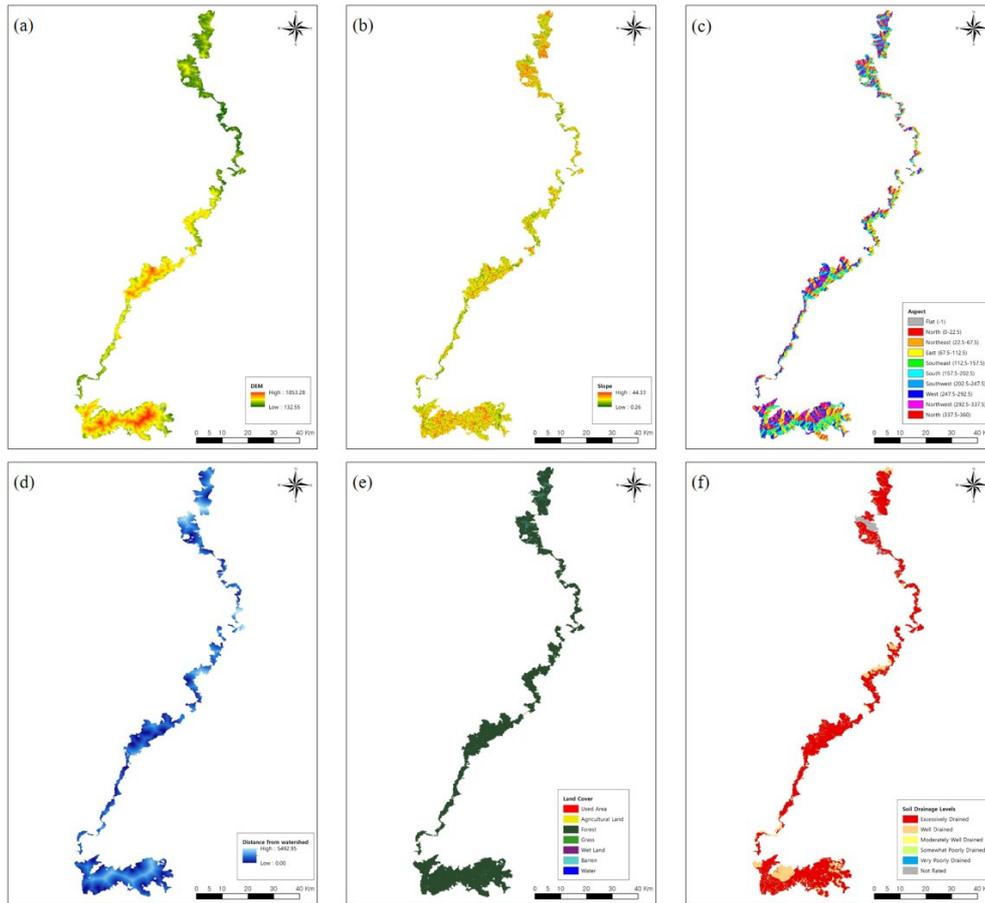


Figure 1. Valuables of calculating study area on Chunwangbong to Aghwibong region in Backdudaegan protected area in Korean peninsula by K-means clustering algorithm (a) digital elevation model, (b) slope, (C) aspect, (d) distance from watershed, (e) land cover, (f) soil drainage level.

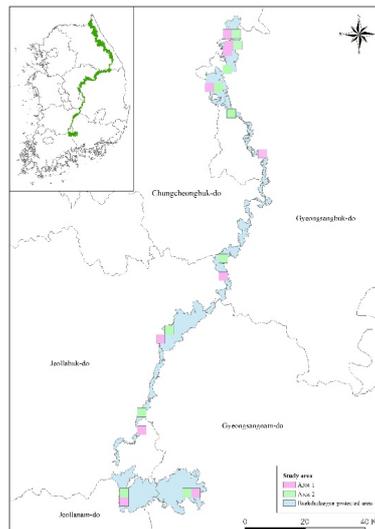


Figure 2. Study area from calculated habitat homogeneity by K-means clustering algorithm on Chunwangbong to Aghwibong region in Backdudaegan protected area in Korean peninsula.

서식지 동질성 분석을 통해 선정된 조사구는 특성에 따라 조사구 1과 조사구 2로 구분하였다. 조사구 1은 평균 해발고도가 상대적으로 낮고 경사가 완만하며 수계로부터의 거리가 3km 내외로 활엽수림이 우점하며 토양배수등급이 매우 우수한 지역이다. 조사구 2는 해발고도가 상대적으로 높고, 경사가 급하며 수계로부터의 거리가 3km 내외이며, 침엽수림이 우점하고 토양배수등급은 매우 우수한 지역이다 (Table 1).

또한, 조사지역의 경관적 특성이 조류의 다양성에 미치는 영향을 파악하기 위해 8개의 경관 구조지수(패치 개수, 평균패치크기, 패치크기중위수, 패치크기다양성, 패치크기편차, 총 둘레길이, 둘레길이 밀도, 평균둘레길이)를 분석하였다(Kim, 2012; Table 2). 경관 구조지수 분석을 위해 환경부에서 제공하는 토지피복도의 세분류 체계를 이용하였으며, 서식지의 환경요인 분석 및 조사구의 선정은 ArcGIS (ArcGIS 10.8) 프로그램을 이용하여 분석하였다.

백두대간보호지역 내 조사구를 대상으로 조류상의 현장 조사는 2021년 4월부터 12월까지와 2022년 4월부터 12월

까지 수행하였다. 또한, 조류의 종 다양성에 영향을 주는 요인을 구명하기 위해 조류의 먹이자원으로 활용이 가능한 양서·파충류와 육상곤충의 조사를 수행하였다. 양서·파충류와 육상곤충의 현장조사는 2021년 4월부터 2022년 10월 까지 봄, 여름, 가을에 진행하였다. 조사지역에서 확인된 조류와 양서·파충류, 육상곤충은 생물다양성 지수(Shannon-Weaver Index)를 활용하여 수치화하였다.

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i$$

천왕봉에서 악취봉까지 백두대간보호지역의 조류 군집의 다양성에 환경요인이 미치는 영향을 구명하기 위해 통계 분석을 진행하였다. 조사구에 따른 생물상의 군집 다양성을 비교하기 위해 Mann-Whitney U 분석을 하였다. 또한 조류 군집의 다양성에 미치는 환경요인을 구명하기 위해 단계적 회귀분석(Stepwise regression analysis)을 수행하였다. 통

Table 1. Characteristics of ecological values between area 1 and area 2 Chunwangbong to Aghwibong region in Backdudaegan protected area in Korean peninsula

Valuables	Area 1	Area 2
A.S.L (m)	616.29	749.69
Slope (°)	18.77	21.29
Aspect (°)	176.26	177.67
Distance from watershed (m)	3486.11	3125.32
Landcover*	Deciduous forest	Coniferous forest
Soil drainage level**	Very high	Very high

\*: Dominant landcover,

\*\* : Very high, High, Moderate, Low, Very low

Table 2. Valuables of landscape indices on Chunwangbong to Aghwibong region in Backdudaegan protected area in Korean peninsula

Landscape indices	Description
NumP	Number of patch
MPS	Average of patch size
MedPS	The median of patch size
PSCoV	Variety of patch size
PSSD	Deviation of patch size
TE	Total length of circumferential length on patch
ED	Density of circumferential length on patch
MPE	Average of circumferential length on patch

계분석은 R(Ver. 4.2.1) 프로그램의 MASS 패키지를 이용하여 수행하였다.

## 결과 및 고찰

백두대간보호지역의 천왕봉에서 악취봉 구간에서 확인된 조류상은 12목 36과 89종 8,636개체의 서식을 확인하였다. 조사지역에서 최우점종은 참새였으며, 직박구리, 노랑턱멧새, 붉은머리오목눈이 순으로 우점하였다.

백두대간보호지역의 천왕봉에서 악취봉 구간에서 조사지역에 따라 생물의 다양도 지수는 조사구역에 따라 차이를 보였다. 양서·파충류의 다양도 지수는 조사구역에 따라 차이가 없었다. 곤충의 다양도 지수는 서식지에 따라 차이를 보였다( $Z=-6.38, p<0.01$ ). 조류( $Z=-2.91, p<0.01$ )와 곤충( $Z=-6.38, p<0.01$ )의 생물다양도 지수는 조사지 1이 조사지 2보다 높았다(Table 2).

단계적 회귀분석을 통해 조류의 다양도 지수에 영향을 주는 서식지 요인을 분석한 결과 곤충의 다양도 지수와 서식지의 경사도, patch의 평균 크기, 혼효림의 면적, 활엽수림의 면적, 침엽수림의 면적, 해발고도, 농경지로부터의 거리가 영향을 주는 요인으로 추출되었다(Table 3). 조류 군집의 종 다양성 지수는 곤충의 다양도 지수(coefficient = 0.30,  $r^2= 0.42$ )를 비롯하여 패치의 평균 크기(coefficient = 2.26,  $r^2= 0.15$ ), 혼효림의 면적(coefficient = 0.62,  $r^2= 0.11$ ), 농경지로부터의 거리(coefficient = 0.00,  $r^2= 0.06$ )와 정의 관계를 보인다. 한편 서식지의 경사도(coefficient = -0.21,  $r^2= 0.29$ )와 활엽수림(coefficient = -0.11,  $r^2= 0.11$ )과 침엽수림(coefficient = -0.15,  $r^2= 0.09$ )의 면적, 해발고도(coefficient = -0.00,  $r^2= 0.08$ )는 부의 관계를 보인다. 나머지 변수는 조류의 생물 다양도 지수에 영향을 주는 요인으로 추출되지 않았다.

생물의 서식지 이용은 먹이자원의 풍부도와 밀접한 관계를 갖는다(Møller, 2019; Tallamy and Shriver, 2021). 대부

Table 3. Difference of biodiversity index (H') between area 1 and area 2 on Chunwangbong to Aghwibong region in Baekdudaegan protected area in Korean peninsula

Taxonomy	Habitat	mean	S.E.	Z	p
Bird	Area 1	2.39	0.07	-2.91	<0.01
	Area 2	2.22	0.26		
Amphibian	Area 1	1.38	0.20	-0.34	0.73
	Area 2	1.23	0.24		
Insect	Area 1	3.30	0.39	-6.38	<0.01
	Area 2	3.17	0.34		

Table 4. Results of stepwise regression model used determine the effects of habitat variables on bird biodiversity index (H') in Baekdudaegan protected area Cheonwangbong to Aghwibong region

Variables	Coefficient	Std.	Error	t	value	Partial $r^2$
Intercept	6.46	1.34	4.82	0.00	***	
Insect	0.30	0.05	5.89	0.00	***	0.42
Slope	-0.21	0.05	-4.38	0.00	***	0.29
MPS	2.26	0.78	-2.89	0.01	**	0.15
Mixed Forest	0.62	0.25	2.48	0.02	*	0.11
Deciduous Forest	-0.11	0.04	-2.47	0.02	*	0.11
Coniferous Forest	-0.15	0.07	-2.17	0.04	*	0.09
Elevation	-0.00	0.00	2.10	0.04	*	0.08
Paddy Field	0.00	0.00	1.72	0.09	.	0.06

∴  $p<0.1$ , \*:  $p<0.05$ , \*\*:  $p<0.01$ , \*\*\*:  $p<0.001$

Model  $r^2 = 0.78, p<0.001$

분의 조류는 번식기에 곤충을 비롯한 무척추동물을 주요 먹이원으로 이용하며(Kennedy, 2019), 곤충의 감소는 조류 군집의 감소에 직접적인 영향을 줄 수 있다. 특히 살충제를 비롯하여 도로의 개설 등으로 곤충의 개체수가 감소하거나, 외래식물의 도입으로 곤충의 먹이원 감소로 인한 곤충 군집의 감소는 조류 군집의 감소로 이어진다(Helena *et al.*, 2010). 본 연구에서 조류 군집은 곤충 군집에 가장 크게 영향을 받는 것으로 확인된 것 역시 동일한 이유에 기인한 것으로 판단된다.

또한, 서식지의 구조적 환경 역시 조류 군집과 관계를 갖는다(Erdelen, 1984; Morelli *et al.*, 2017; Charbonnier *et al.*, 2016). 산림에서 수직적 구조의 다양성은 보다 다양한 조류의 서식이 가능하게 되어 종 다양도에 긍정적인 역할을 한다. 채이길드(foraging guild)와 영소길드(nesting guild)에 따라 서식지 내 이용에 차이가 있으며 서식지의 수직적 다양성은 보다 많은 종에게 서식지로 활용될 수 있다(Davis *et al.*, 2016; Cubley *et al.*, 2020). 또한 임상에 따라 서식지 내 생물상은 차이가 발생하며 그에 따라 조류 먹이원의 구성 역시 차이를 갖는다(Jankowski *et al.*, 2013). 그로인해 종에 따라 선호하는 임상에 차이가 있고(Fontana *et al.*, 2011; Felton *et al.*, 2021), 혼효림은 침엽수림과 활엽수림이 혼재하는 지역으로 다양한 서식환경이 분포할 것으로 예상되며, 그에 따라 다양한 조류가 혼재할 수 있는 지역으로 판단된다.

서식지 내 경사도는 토양 유실에 영향을 줄 수 있으며, 그에 따라 식물의 발생에 간접적으로 영향을 줄 수 있다(El Kateb *et al.*, 2013). 식물의 발생량은 산림성 조류의 먹이원으로 활용되는 식물성 먹이의 생산량에 영향을 줄 수 있다. 더욱이 식물의 발생량은 식물을 먹이원으로 하는 곤충의 발생량에도 영향을 미칠 수 있다(Paik *et al.*, 2012). 하층식생의 피도량은 소형설치류의 서식지 이용에 간접적으로 영향을 줄 수 있어(Lee *et al.*, 2020) 소형설치류를 먹이원으로 하는 올빼미목을 비롯한 매목, 수리목 조류의 서식에 영향을 줄 수 있다. 또한 산림 내 해발고도의 증가는 기온의 감소를 비롯하여 서식지 면적의 감소, 식생 구조, 무척추동물의 구성의 변화 등에 의해 조류의 종 다양성에 부정적인 영향을 줄 수 있다(Santillán *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2022; Hwang *et al.*, 2020).

본 연구 결과, 백두대간에 서식하는 조류 군집의 다양성은 서식지의 구조적 환경을 비롯하여 먹이원으로 활용 가능한 곤충의 발생량에 영향을 받는 것으로 나타났다. 산림 내 조류 군집의 다양성은 서식지의 규모를 비롯하여 해발고도 등의 비생물적 요인을 비롯하여 식생의 다양성과 곤충 군집의 다양성과 같은 생물적 요인에 의해 영향을 받았다. 본 연구에서 확인된 산림 내 조류 군집의 다양성에 영향을 미

치는 환경요인과의 관계는 산림성 조류의 다양성의 증진을 위한 관리 방안을 수립하는데 중요한 기초 생태 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단한다.

## REFERENCES

- Bibby, C.J.(1999) Making the most of birds as environmental indicators. *Ostrich* 70: 81-88.
- Canterbury, G.E., T.E. Martin, D.R. Petit, L.J. Petit and D.F. Bradford(2000) Bird communities and habitat as ecological indicators of forest condition in regional monitoring. *Conserv. Bio.* 14: 544-558.
- Charbonnier, Y.M., L. Barbaro, J.Y. Barnagaud, E. Ampoorter, J. Nezan, K. Berheymen and H. Jactel(2016) Bat and bird diversity along independent gradients of latitude and tree composition in European forests. *Oecologia*. 182: 529-537.
- Choi, S.W., J. Jang, H.Y. Chae and J.Y. Park(2021) Application of forest bird naturalness index for evaluating biodiversity in national park in Korea. *Korean J. Ecol. Environ.* 54(2): 108-119. (in Korean with English abstract)
- Chung, M.Y., S.W. Son, G.U. Suh, S. Herrando-Moraira, C.H. Lee, J. López-Pujol and M.G. Chung(2018) The Korean Baekdudaegan Mountains: A glacial refugium and a biodiversity hotspot that needs to be conserved. *Front. Genet.* 9: 489.
- Cubley, E.S., H.L. Bateman, S.B. Riddle, C. Holmquist-Johnson and D.M. Merritt(2020) Predicting bird guilds using vegetation composition and structure on a wild and scenic river in Arizona. *Wetlands* 40: 1829-1842.
- Davis, R.A., T.S. Doherty, E.J.B. Van Etten, J.Q. Radford, F. Holmes, C. Knuckey and B.J. Davis(2016) Conserving long unburnt vegetation is important for bird species, guilds and diversity. *Biodivers. Conserv.* 25: 2709-2722.
- El Kateb, H., H. Zhang, P. Zhang and R. Mosandl(2013) Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: A field experiment in Southern Shaanxi Province, China. *Catena*. 105: 1-10.
- Erdelen, M.(1984) Bird communities and vegetation structure: I. Correlations and comparisons of simple and diversity indices. *Oecologia*. 61: 277-284.
- Felton, A., P.O. Hedwall, R. Tribins, J. Lagerstedt, A. Felton and M. Lindbladh(2021) From mixtures to monocultures: Bird assemblage responses along a production forest conifer-broadleaf gradient. *For. Ecol. Manag.* 494(15): 119299.
- Fontana, S., T. Sattler, F. Bontadina and M. Moretti(2011) How to manage the urban green to improve bird diversity and community structure. *Landsc. Urban Plan.* 101: 278-285.

- Heleno, R., I. Lacerda, J.A. Ramos and J. Memmott(2010) Evaluation of restoration effectiveness: Community response to the removal of alien plants. *Ecol. Appl.* 20(5): 1191-1203.
- Hwang, H.S., J.K. Lee, T.K. Eom, H.K. Bae, D.H. Lee, J.H. Lim, S.C. Jung, C.R. Park and S.J. Rhim(2020) Elevational distribution of breeding bird communities in Seoraksan National Park, Korea. *J. Korean Soc. For. Sci.* 109(1): 109-114.
- Jankowski, J.E., C.L. Merkord, W.F. Rios, K.G. Cabrera, N.S. Revilla and M.R. Silman(2013) The relationship of tropical bird communities to tree species composition and vegetation structure along an Andean elevational gradient. *J. Biogeogr.* 40(5): 950-962.
- Kim, J.Y., J.M. Yoon, Y.S. Choi and S.H. Eo(2022) The influencing factors for distribution patterns of resident and migrant bird species richness along elevational gradients. *PeerJ.* 10: e13258.
- Kim, T.G.(2012) Assessment of species diversity in national park using GIS. *Journal of National Park Research* 3(1,2): 22-26. (in Korean with English abstract)
- Lee, J.K., H.S. Hwang, T.K. Eum, H.K. Bae and S.J. Rhim(2020) Cascade effects of slope gradient on ground vegetation and small-rodent populations in a forest ecosystem. *Ani. Biol.* 70: 203-213.
- Melles, S., S. Glenn and K. Martin(2003) Urban bird diversity and landscape complexity: Species-environment associations along a multiscale habitat gradient. *Conserv. Ecol.* 7(1): 5.
- Ministry of Environment·National Institute of Ecology(2021) Summary of ecological survey on Baekdudaegan protected area. National Institute of Ecology.
- Møller, A.P.(2019) Parallel declines in abundance of insects and insectivorous birds in Denmark over 22 years. *Ecol. Evol.* 9: 6581-6587.
- Morelli, F., Y. Benedetti, T. Su, B. Zhou, D. Moravec, P. Šimová and W. Liang(2017) Taxonomic diversity, functional diversity and evolutionary uniqueness in bird communities of Beijing's urban parks: Effect of land use and vegetation structure. *Urban For. Urban Green.* 23: 84-92.
- Paik, I.S., H.J. Kim, K.S. Kim, E.J. Jeong, H.C. Kang, H.I. Lee and K. Uemura(2012) Leaf beds in early Miocene lacustrine deposits of Geumhwangdong formation Korea: Occurrence, plant-insect interaction records, taphonomy and palaeoenvironmental implications. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 170(15): 1-14.
- Rhim, S.J., S.H. Son and H.S. Hwang(2015) Factors affecting chick mortality of hazel grouse in a temperate forest, South Korea. *For. Ecol. Manag.* 348(15): 92-96.
- Santillán, V., M. Quitián, B.A. Tinoco, E. Zárate, M. Schleuning, K. Böhning-Gaese and E.L. Neuschulz(2020) Direct and indirect effects of elevation, climate and vegetation structure on bird communities on a tropical mountain. *Acta Oecol.* 102(2020): 103500.
- Tallamy, D.W. and W.G. Shriver(2021) Are decline in insects and insectivorous birds related? *Ornithological Applications* 123: 1-8.