

제비 서식지 유형에 따른 잠재적 먹이원 비교

최성훈^{1,4}, 진선덕^{1,*}, 강태한², 김은중³, 윤주혁³, 오홍식^{4,*}

¹국립생태원, ²한국환경생태연구소, ³국립중앙과학관, ⁴제주대학교 과학교육부

Comparison of potential food resources by barn swallow habitat type

Sung Hoon Choi^{1,4}, Seon-Deok Jin^{1,*}, Tehan Kang², Eun-Jung Kim³, Joohyuk Yoon³ and Hong-Shik Oh^{4,*}

¹National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea

²Korea Institute of Environment Ecology, Daejeon 34014, Republic of Korea

³National Science Museum, Daejeon 34143, Republic of Korea

⁴Faculty of Science Education, Jeju National University, Jeju 63243, Republic of Korea

*Corresponding author

Seon-Deok Jin

Tel. 041-950-5612

E-mail. withbirds@daum.net

Hong-Shik Oh

Tel. 064-754-3283

E-mail. sciedu@jejunu.ac.kr

Received: 9 December 2022

First revised: 16 December 2022

Second revised: 22 December 2022

Third revised: 27 December 2022

Revision accepted: 27 December 2022

Abstract: This study analyzed habitat status of barn swallows within 800 m and changes in potential food resource occurrence for 63 nests (Seocheon 23, Sejong 40) where barn swallows breeding was confirmed in Seocheon and Sejong in 2019 and 2020. As a result of checking habitat compositions of barn swallows in the study area, Sejong showed more varieties of habitat types than Seocheon, showing a larger number of dominant groups. Such large number of dominant groups was found to be an advantageous habitat factor for producing flying insects as potential food resources for barn swallows. As for the production of potential food resources, Seocheon had the highest production in dwelling and stream and Sejong had the highest production in the stream. The production of potential food resources differed in production season by habitat type. This study analyzed compositions of the habitat around the breeding site of swallows. It provides basic data necessary for protecting barn swallow habitats by comparing the production timing and production volume of potential food resources occurring in the habitat.

Keywords: barn swallow, habitat, food resources, breeding

서론

조류는 다양한 서식지 특성 중 서식에 적합한 환경을 인지할 수 있으며(Hildén 1965), 동지의 장소와 먹이는 서식지 환경변화에 따라 바뀔 수 있다(Mills *et al.* 1989). 이

중 먹이의 풍부도는 조류의 번식(알의 크기, 한배산란수, 새끼의 성장 등)에 영향을 미치며(Clutton-Brock 1991; Williams 1994; Winkler and Allen 1996; Daan and Tinbergen 1997; Mousseau and Fox 1998), 이를 위해 양질의 먹이를 생산하는 서식지의 확보가 중요하다.

제비 (*Hirundo rustica*)는 7,700년 전부터 인간과 서식지를 공유하며 (Smith *et al.* 2018), 인가 내 인공구조물에서 번식 (Won 1981; Shields 1984; Snow and Perrins 1998; Turner 2006)하며 살아온 인간과 친숙한 조류이다. 비행 중 먹이를 사냥하는 습성이 있으며 (Turner and Rose 1989; Turner 2006), 이로 인해 주요 먹이원인 비행성 곤충의 변화에 민감하다 (Brown and Brown 1999). 제비는 남극과 북극을 제외하고 전 세계에 분포하고 있으나 최근 개체수가 감소하고 있다. 제비 개체수 감소는 북미뿐만 아니라 유럽에서도 보고되고 있으며 (Burfield and Bommel 2004), 캐나다에서는 개체군 보호를 위해 멸종위기종으로 지정하였다 (COSEWIC 2011).

우리나라는 1980년대 이후 제비의 개체수가 감소한 것으로 알려져 있으며 (Ko *et al.* 2010), 과거 문화재청에서 천연기념물 선정을 추진하기도 하였다 (Cultural Heritage Administration 2009). 제비의 대표적인 개체수 감소 요인으로는 최근 농촌의 도시화로 인한 농경지의 감소, 기후 변화, 살충제 사용 등으로 제비의 번식장소와 주요 먹이원인 비행성 곤충의 서식밀도 감소 (Fuller 2000; Stanton *et al.* 2018)로 알려져 있다. 제비의 종 보전을 위해서는 서식지

내 인간환경과의 관계를 이해하는 연구가 필요하다 (Hur *et al.* 2003). 국내 제비의 보호를 위한 연구가 지속적으로 진행 중에 있으나, 그 대부분이 제비의 번식생태 (Han 2009; Noh 2016; Kim 2017)에만 한정되어 있어 제비 서식지별 잠재적 먹이원 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 우리나라에 도래하는 제비의 지역별 서식지에서 발생하는 잠재적 먹이원의 발생유형을 파악하고 발생량 변화가 제비의 서식지 선택에 미칠 수 있는 영향을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구지역

연구 대상 지역은 충청남도 서천군과 세종시에서 수행되었다. 서천군 화양면 장상리 마을은 주변에 소규모 산림과 대규모 농경지가 위치하며, 농경지를 가로지르는 직강 하천과 논 경수로가 있다. 주변에 유사한 형태의 7개 마을이 존재하지만 장상리와 신포리 일대를 제외하면 제비가 번식하지 않는다 (Fig. 1).

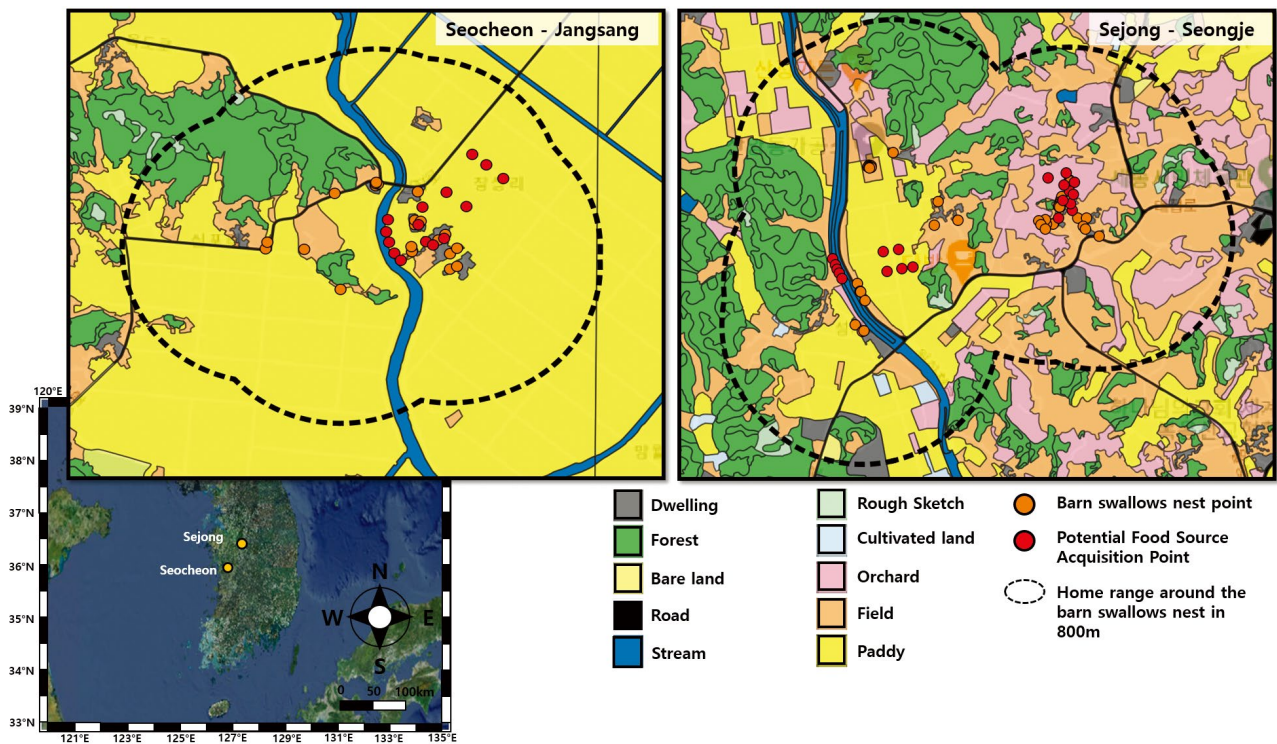


Fig. 1. Location of the study area in Seocheon and Sejong, South Korea.

세종시 연서면 성제리 마을은 지리적으로 내륙 도심지 인근에 있는 농경지대로 논과 과수원, 소규모 밭이 혼재되어 있으며, 고복저수지와 연결된 소규모 하천과 미호천이 흐르고 있다.

2. 토지피복비율 산정

제비의 서식지 내 서식 환경분석을 위해 2019, 2020년 서천과 세종에서 번식한 제비를 대상으로 동지 좌표 63개를 수집하였으며, 해당 좌표를 기준으로 번식 시기 제비의 먹이활동 행동반경으로 알려진 800 m 반경 (Snapp 1976; Møller 1987; Ambrosini *et al.* 2002; Gruebler and Naef-Daenzer 2003; Kim 2017)으로 중분류 토지피복도를 원형으로 잘라내 산정하였다.

3. 잠재적 먹이원 수집

먹이원 채집은 2020년, 2021년 2년간 제비의 주요 활동 시기인 4~7월에 진행하였다. 제비의 주요 먹이원과 서식지를 파악하기 위해 문헌 조사를 진행하였으며, 산정된 토지 피복도 내에서 서식지 4곳(논, 하천, 인가, 과수원)을 선정하였다(Kim and Hahm 2001). 각각의 서식지별 5개 지점을 선정하였으며, 각 지점은 25 m 이상 거리를 이격하여 채집 지점의 중복을 피하였다. 비행 중 먹이를 사냥하는 습성 (Turner and Rose 1989; Turner 2006)이 있는 제비의 생태 특성을 반영하여 지점별로 2 m 높이에 끈끈이 트랩(25 × 35)을 설치하여 비행성 곤충을 2주 간격으로 수집하였다.

수집된 먹이원 중 제비가 실제 사용하는 크기를 선별하기 위해 Kim (2017)의 선행연구를 참고하였다. 수집된 비행성 곤충의 크기를 측정하였으며, 이를 $size < 4 \text{ mm}$, $4 \text{ mm} \leq size < 8 \text{ mm}$, $8 \text{ mm} \leq size$ 의 3종류로 구분하였다. 이중 제비가 실제로 먹이원으로 활용이 가능한 $4 \text{ mm} \leq size$ 이상의 먹이원 추려 목 수준으로 구분하였다.

4. 잠재적 먹이원 통계분석

통계분석은 SPSS 25 (IBM, USA)를 이용하였다. 서식지별 잠재적 먹이원 발생량 차이 비교를 위해 Kolmogorv-Smirnov 검정을 시행하였고, 전체적으로 정규분포가 나타나지 않아, Kruskal-Wallis test를 진행하였으며, 사후분석을 진행하기 위해 순위변수 변환을 통해 순위를 부여하였다. 해당 순위에 대해 일원 배치 분산분석(one-way ANOVA)

을 실시하였으며, 이분산으로 나타나 Welch 검정을 대입, Games-Howell test를 통해 사후분석을 실시하였다. 모든 분석의 유의성 판단은 $p < 0.05$ 수준에서 결정하였다.

잠재적 먹이원 발생 시기와 서식지별 발생량 간의 유의한 차이가 있는지 알아보기 위해 Kruskal-Wallis test를 진행하였으며, 각각의 변수별 Mann-Whitney test를 진행하였으며, 분석의 유의성 판단은 $p < 0.05$ 수준에서 결정하였다. 이에 대한 해석을 위해 Bonferroni correction Method (B.C. Method)을 실시하였다. 분석의 유의성 판단은 서천은 $p < 0.0167$ ($\alpha/3$), 세종은 $p < 0.0083$ ($\alpha/6$) 수준에서 결정하였다.

결 과

1. 제비 서식지 유형분석

2019, 2020년 2년간 서천과 세종에서 실제 번식이 확인된 동지는 63개였으며, 두 지역 모두 인가 내 가옥들의 외벽, 창문 인근에서 확인되었다. 번식 동지의 좌표를 대상으로 800 m 내 토지피복 비율을 분석하였으며, 제비의 서식지는 서천 405 ha, 세종 481 ha로 큰 차이를 보이지 않았으나 번식 동지는 2배의 차이(서천 23, 세종 40)를 보였다(Table 1). 두 지역의 제비 서식지 토지피복 비율은 논이 41.3%로 가장 높았으며, 산림(16.3%), 과수원(11.0%), 밭(10.9%), 초지(8.8%) 순으로 확인되었다. 지역별로 보면 서천은 논(72.9%)과 산림(9.4%), 초지(5.4%) 위주의 단순화된 서식지 유형을 보였으며, 세종은 산림(22.1%), 과수원(20.2%), 밭(17.3%), 논(14.7%), 초지(11.7%) 등 다양한 서식지 유형을 보였다.

2. 서식지 유형에 따른 잠재적 먹이원 출현 현황

서천과 세종의 제비 동지 800 m 내 논, 하천, 과수원, 인가 4개 환경을 대상으로 제비의 잠재적 먹이원을 분석한 결과, 총 15목이 확인되었으며, 두 지역 모두 파리목(서천 80.8%, 세종 69.8%)이 우점하였다(Table 2). 서식지별로 살펴보면 두 지역의 논, 하천 과수원 인가 모두 파리목이 가장 우점하였다. 하천은 파리목, 노린재목, 딱정벌레목, 날도래목, 벌목 등 제비의 잠재적 먹이원 출현이 가장 다양하였으며, 가장 단순한 서식지는 논으로 확인되었다.

Table 1. Analysis of land cover within 800 m range of swallow nests

	Seocheon		Sejong		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%
Dwelling	5.92	1.5	12.85	2.7	18.77	2.1
Forest	38.19	9.4	106.23	22.1	144.42	16.3
Bare land	2.85	0.7	8.96	1.9	11.81	1.3
Road	13.60	3.4	25.80	5.4	39.40	4.4
Stream	13.18	3.3	9.79	2.0	22.97	2.6
Rough sketch	21.83	5.4	56.23	11.7	78.06	8.8
Cultivated land	1.16	0.3	10.35	2.2	11.51	1.3
Orchard	0.00	0.0	97.25	20.2	97.25	11.0
Field	13.08	3.2	83.16	17.3	96.24	10.9
Paddy	295.24	72.9	70.67	14.7	365.91	41.3
Total	405.05	100	481.29	100	886.33	100

Table 2. Status of a dominant group of potential food resources produced by habitat type around swallow nest (home range 800 m) (n: Individuals per unit area (1 ha); %: Dominance per unit area (1 ha))

Order	Orchard		Paddy		Dwelling		Stream		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Seocheon										
Trichoptera	-	-	-	-	-	-	110.7	23.0	112.5	9.3
Coleoptera	-	-	-	-	-	-	40.2	8.3	-	-
Diptera	-	-	10.0	93.9	660.1	92.7	303.3	62.9	973.5	80.8
Sejong										
Trichoptera	-	-	-	-	-	-	49.3	10.8	51.8	5.7
Hemiptera	1.2	6.2	-	-	15.4	7.4	56.0	12.2	75.1	8.3
Coleoptera	1.8	9.4	-	-	17.6	8.5	54.0	11.8	83.2	9.2
Hymenoptera	1.4	7.2	-	-	10.6	5.1	29.2	6.4	-	-
Diptera	14.7	75.6	204.9	92.3	161.0	77.8	251.9	55.0	632.5	69.8

n: Individuals per unit area (1 ha), %: Dominance per unit area (1 ha)

3. 서식지별 잠재적 먹이원 발생량 비교

분석 결과 서천 ($F=82.322$, $p<0.001$)과 세종 ($F=58.535$, $p<0.001$) 모두 서식지 간 평균 잠재적 먹이원 발생량에 차이가 있었다. 서식지별 평균 발생량은 서천에서는 인가, 하천이 높았으며, 세종에서는 하천의 발생량이 가장 높았다(Table 3).

4. 서식지별 시기에 따른 잠재적 먹이원 발생량 변화

시기별 잠재적 먹이원 분석 결과 서천 ($p<0.001$)과 세

종 ($p\leq 0.001$) 모두 서식지별 발생량은 시기별 유의한 차이가 있었다(Table 4). B.C. Method로 분석한 결과, 서천의 논과 인가, 하천은 4~7월 모두 발생량의 유의한 차이를 보였으며, 인가와 하천은 5월과 7월에 유의한 차이를 보였다. 세종의 과수원과 인가, 하천은 5~7월 모두 유의한 차이를 보였으며, 인가와 하천은 5~6월, 논과 과수원은 6~7월, 논과 하천은 5월에 유의한 차이를 보였다. 서천 잠재적 먹이원 발생량은 인가에서 4월부터 증가 경향을 보였고, 하천에서는 시기별 발생량의 변화가 크게 나타났다. 세종은 하천에서는 발생량에 큰 변화를 보이지 않았으나 논은

6월부터, 인가는 7월부터 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2). 잠재적 먹이원을 크기에 따라 소형 ($4\text{ mm} \leq \text{size} < 8\text{ mm}$), 중형 ($8\text{ mm} \leq \text{size}$)으로 구분(Kim 2017)하여 시기별 분석 결과, 소형 먹이원은 서천 ($p \leq 0.001$), 세종 ($p \leq 0.002$) 모두 서식지별 발생량은 시기별 유의한 차이가 있었다(Table 5). B.C. Method로 분석한 결과, 서천의 논과 인가, 하천은 4~7월 모두 발생량에 유의한 차이를 보였으며, 인가와 하천은 5월과 7월에 유의한 차이를 보였다. 세종의 과수원과 인가, 하천은 5~7월 모두 발생량에 유의한 차이를 보였으며, 인가와 하천은 5~6월, 논과 과수원은

6~7월, 논과 하천은 5월에 유의한 차이를 보였다. 소형 먹이원의 발생량을 지역별로 보면 서천은 인가에서 발생량이 많았으며, 6월 이후 급격한 증가 경향을 보였고 하천은 5월부터 증가 경향을 보였다. 세종은 하천에서 시기별 발생량에 큰 변화를 보이지 않았고 논은 6월부터, 인가는 7월부터 증가하는 경향을 보였다(Fig. 3).

중형 먹이원은 서천 ($p \leq 0.006$), 세종 ($p \leq 0.004$) 모두 서식지별 발생량에서 시기별 유의한 차이가 있었다(Table 5). B.C. Method로 분석한 결과, 서천은 논과 인가, 하천은 4~6월에 발생량에 유의한 차이를 보였으며, 인가와 하천은 6월에 유의한 차이를 보였다. 세종은 과수원과 인가, 하천과 5~7월 모두 발생량에 유의한 차이를 보였으며, 인가와 하천은 5~6월, 논과 하천은 5~7월, 논과 인가는 6~7월에 유의한 차이를 보였다. 중형 먹이원 발생량을 보면 서천은 하천에서 4월에 발생량이 많았으나 5월부터 급격한 감소 경향을 보였으며, 6월에는 인가에서 증가 경향을 보였다. 세종은 하천에서 4월에 발생량이 많았으나 5월부터 급격한 감소 경향을 보였으며, 6월에는 인가에서 증가 경향을 보였다(Fig. 4).

Table 3. Comparison of production of potential food resources for barn swallows by habitat type

Habitat	Mean \pm SD*	F	p
Seocheon			
Paddy	15.50 \pm 8.78 ^b	82.322	$p < 0.001$
Stream	66.31 \pm 21.56 ^a		
Dwelling	73.60 \pm 23.94 ^a		
Orchard	-		
Sejong			
Paddy	66.68 \pm 41.49 ^b	58.535	$p < 0.001$
Stream	107.16 \pm 18.36 ^a		
Dwelling	79.47 \pm 23.05 ^b		
Orchard	24.53 \pm 17.27 ^c		

*Different letters indicate statistically significant differences at $\alpha = 0.05$ (Kruskal-Wallis test with Games-Howell post-hoc test after ranking variable conversion).

고찰

제비는 비행 사냥에 특화된 포식자이며(Turner and Rose 1989; Turner 2006), 제비의 주요 먹이원인 비행성 곤

Table 4. p-Value table of the analysis result comparing the monthly production of potential food resources of barn swallows by habitat type regardless of the size of potential food resources. p-Values with no statistically significant difference are shown in bold.

Group	April	May	June	July
Seocheon				
Paddy-Dwelling	0.0002	<0.0167	<0.0167	0.0002
Paddy-Stream	0.0004	<0.0167	<0.0167	0.0002
Dwelling-Stream	0.0350	0.0005	0.9118	<0.0167
Sejong				
Paddy-Dwelling	0.0357	0.0185	0.6305	0.3930
Paddy-Stream	0.0357	<0.0083	1.0000	0.4359
Paddy-Orchard	-	0.1230	0.0011	0.0001
Dwelling-Stream	0.0317	0.0002	0.0052	0.6305
Orchard-Dwelling	-	0.0005	0.0002	<0.0083
Orchard-Stream	-	<0.0083	<0.0083	<0.0083

Comparison of monthly production in each area and comparison between habitat types were analyzed by Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney test, respectively, after Bonferroni correction.

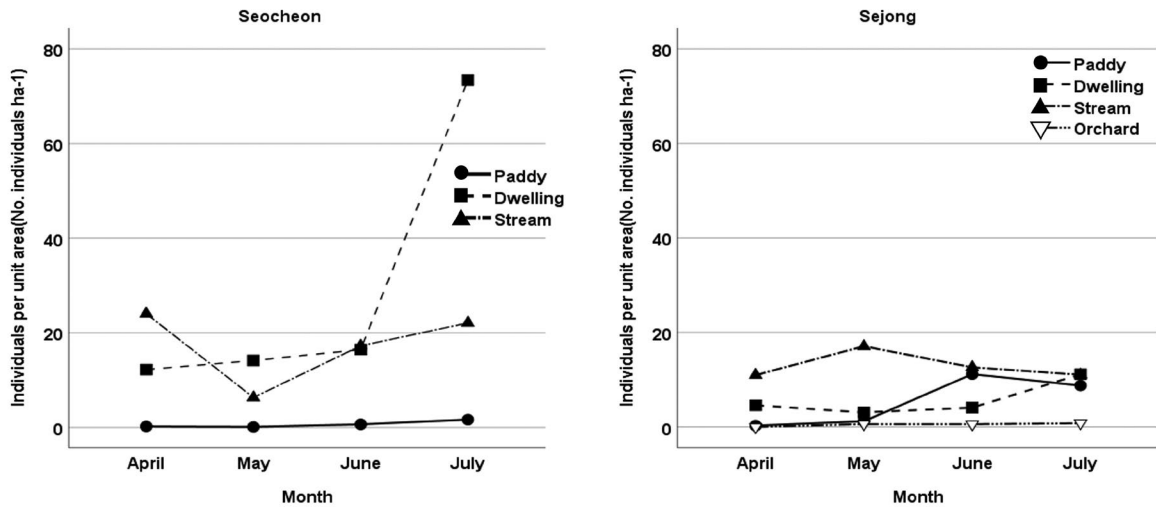


Fig. 2. Changes in production of potential food resource per unit area (1 ha) monthly by habitat type of barn swallows.

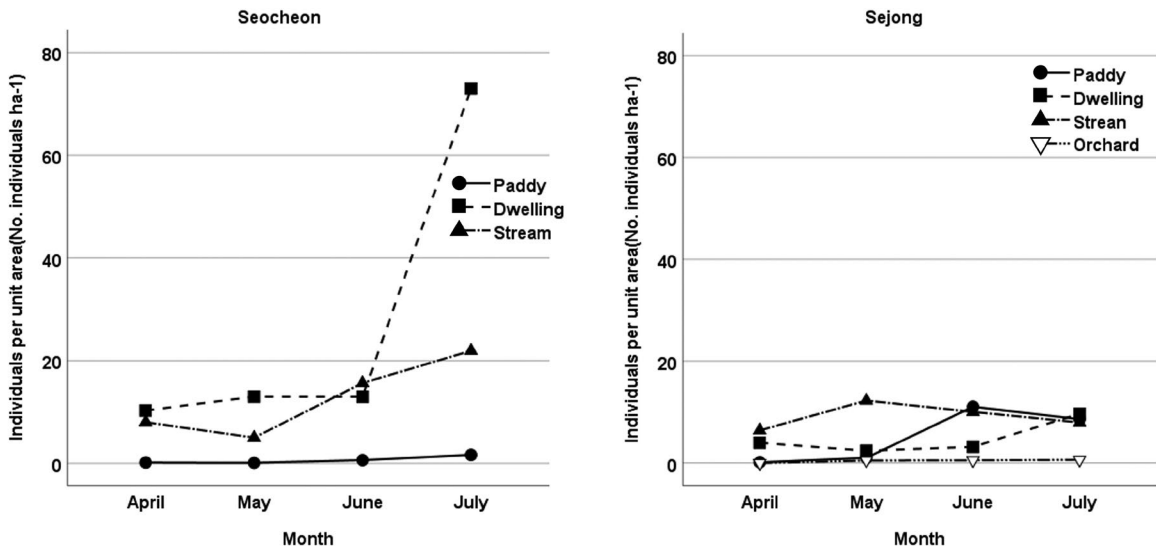


Fig. 3. Changes in production of small size (4 mm ≤ size < 8 mm) potential food resources per unit area (1 ha) per month by habitat type of barn swallows.

충은 다양한 식생 환경을 선호하며, 논,의 경우 작물이 다양할수록 종 다양도가 높아진다(Evans *et al.* 2003). 서천은 논 위주(72.9%)의 단순한 서식 구조를 보였으며, 제비의 번식 동지의 숫자가 세종보다 2배 낮았다. 이는 다양한 서식지 환경을 보유한 세종에 비해 제비의 잠재적 먹이원인 비행성 곤충의 발생에 있어 불리한 서식지 요소로 판단된다.

제비의 선호 서식지는 해안과 농경지, 하천 등으로 알

려져 있으며(Kim and Hahm 2001), 어린 제비의 경우 작물 재배가 가능한 환경을 선호하는 것으로 알려져 있다(Chloe *et al.* 2020). 이러한 작물 재배가 가능한 환경의 다양성은 비행성 곤충 다양도를 높여주며(Evans *et al.* 2007), 이는 제비 먹이원의 주요 요인 중 하나인 서식지 내 비행성 곤충의 풍부도를 높여준다(Evans *et al.* 2003; Chloe *et al.* 2020). 파리목은 제비의 주요 먹이원 중 하나로 알려져 있으며(Brown and Brown 1999; Turner 2006), 파리목의 발생

Table 5. *p*-Value table of the analysis result comparing the monthly production of potential food resources of barn swallows by habitat type according to the size of potential food resources. *p*-Values with no statistically significant difference are shown in bold.

Group	April	May	June	July
4 mm ≤ size < 8 mm				
Seocheon	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Paddy-Dwelling	0.0002	< 0.0167	< 0.0167	0.0002
Paddy-Stream	0.0004	< 0.0167	< 0.0167	0.0002
Dwelling-Stream	0.2110	0.0001	0.1903	< 0.0167
Sejon	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Paddy-Dwelling	0.0357	0.0355	0.3527	0.5288
Paddy-Stream	0.0357	< 0.0083	1.0000	0.7959
Paddy-Orchard	-	0.1051	0.0015	0.0002
Dwelling-Stream	0.0952	0.0007	0.0068	0.7394
Orchard-Dwelling	-	0.0015	0.0015	< 0.0083
Orchard-Stream	-	< 0.0083	< 0.0083	< 0.0083
8 mm ≤ size				
Seocheon	< 0.001	0.002	< 0.001	0.006
Paddy-Dwelling	0.0002	0.0007	< 0.0167	0.0444
Paddy-Stream	0.0004	0.0007	< 0.0167	0.0714
Dwelling-Stream	0.0021	0.1903	0.0007	0.0080
Sejon	0.004	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Paddy-Dwelling	0.5714	0.0089	< 0.0083	0.0007
Paddy-Stream	0.0952	< 0.0083	< 0.0083	< 0.0000
Paddy-Orchard	-	0.0232	0.2295	0.3150
Dwelling-Stream	0.0556	0.0002	0.0003	0.0355
Orchard-Dwelling	-	0.0003	0.0001	0.0005
Orchard-Stream	-	< 0.0083	0.0001	< 0.0083

Comparison of monthly production in each area and comparison between habitat types were analyzed by Kruskal-Wallis test and Mann-Whitney test, respectively, after Bonferroni correction.

량 변화는 시기, 지리적 요인 등 다양하다(Kim 2017). 농촌환경에서 발생하는 경작, 거름, 비료 등은 파리목 발생에 중요 요인이 되며(Frouz 1999), 농경지 위주의 환경, 인가 주변의 소규모 밭, 화단, 쓰레기 등이 파리목 발생에 필요한 다양한 환경이 제공되어 높은 단위 면적당 개체수가 발생한 것으로 판단된다. 하천은 수생 식생과 초지를 혼재하고 있으며, 인가는 주변의 밭이 있어 다양한 작물 재배가 이루어진다. 하천과 인가의 이러한 환경적 요인은 제비의 잠재적 먹이원 발생에 유리한 환경을 제공한 것으로 판단된다.

조류는 생존과 번식을 위해 주어진 환경에 최적화된 전략을 선호하며(Ricklefs 1974; Davidson and Evans 1988), 이를 위한 번식에 유리한 시기와 장소를 선택한다(Williams 1966; Houston 1998). 이 중 먹이자원은 조류의

서식지 선정에 있어 매우 중요한 환경적 제한 요인이며(Newton 1998), 먹이자원의 발생량 변화는 조류의 생활 전반에 큰 영향을 미칠 수 있다. 제비의 도래 시기는 4월, 포란 시기는 4월 말~5월 초, 육추 시기는 5월 중순~6월 말, 이소 시기는 6월 말~7월로 알려져 있으며(Choi 1999; Kim and Hahm 2001; Kim et al. 2016), 본 연구 결과의 잠재적 먹이원 발생량은 서식지별 발생 시기에 따라 유의한 차이를 보였다. 이는 제비의 행동 시기에 따라 주요 먹이원이 변경될 가능성이 있음을 시사한다.

제비 서식지 내 축사, 초지, 밭 등은 제비의 먹이원 공급에 중요한 역할을 할 수 있으며(Møller 2001), 특히 논에서 발생하는 먹이원은 제비의 먹이 공급에 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Turner 2006). 본 연구지역의 논에 잠재적 먹이원 발생은 육추 및 이소 시기인 6~7월에 집중

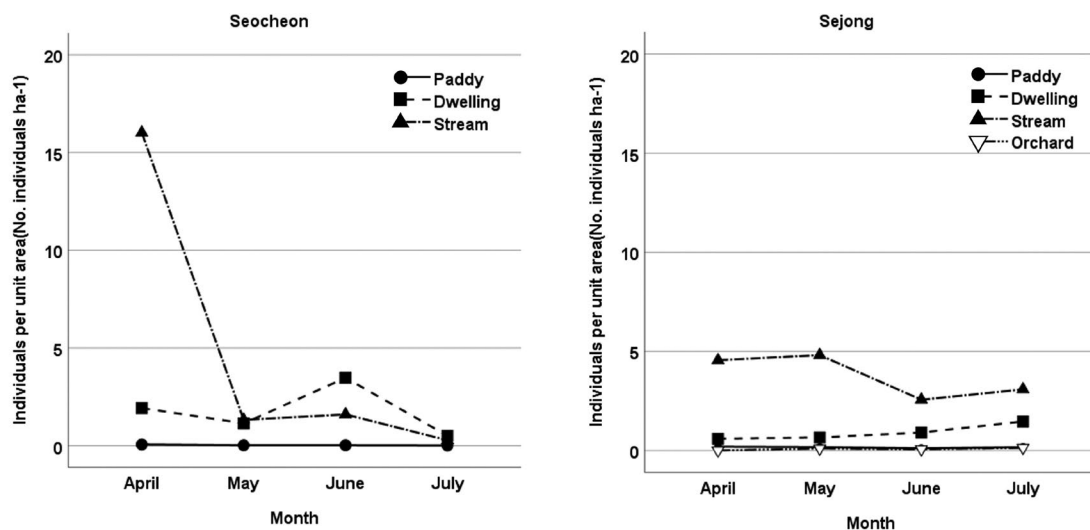


Fig. 4. Changes in production of medium size (8 mm ≤ size) potential food resources per unit area (1 ha) per month by habitat type of barn swallows.

되는 것으로 확인되었다. 두 지역의 논의 물을 대는 시기는 5월 초였으며, 논의 주요 우점종인 파리목이 성충으로 우화하기 위해서는 2~5주의 기간이 필요하다 (Jang *et al.* 2017). 이러한 점은 논의 제비의 도래 및 번식 초기인 4~5월 실질적인 먹이원 공급처로서의 역할을 수행하기 힘들게 하며, 이는 시기에 따라 서식지별 상호 보완적 역할을 하는 것으로 판단된다.

하천은 제비의 도래 및 포란 초기인 4~5월에 중형 (8 mm ≤ size) 먹이원의 발생량이 높으며, 인가와 함께 소형 (4 mm ≤ size < 8 mm) 먹이원의 꾸준한 발생을 통해 제비에게 양질의 먹이원을 제공하였다. 조류는 에너지 투자에 있어 자신의 생존과 번식에 대한 효율적 배분을 하며 (Williams 1966), 이 중 산란은 매우 큰 에너지 소모를 요구한다 (Newton 1979). 번식 시기 서식지 내 먹이의 풍부도는 조류의 알의 크기, 한배산란수, 새끼의 성장 및 생존에 영향을 미치며 (Clutton-Brock 1991; Williams 1994; Winkler and Allen 1996; Daan and Tinbergen 1997; Mousseau and Fox 1998), 이를 위해 도래 초 양질의 먹이원 공급이 중요하다. 하천은 월동을 마친 곤충들이 봄철 기회적으로 출현하며 (Downes 1965; Danks 2007), 이는 하천을 이용하는 제비에게 양질의 먹이원이 되어 도래 초기 제비의 생존과 번식에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다.

연구지 내 소형 (4 mm ≤ size < 8 mm) 먹이원은 지역적 차이가 있으나 인가와 논의 주요 발생지였으며, 육추 및

이소 시기인 6~7월에 생산량이 증가하여 기존 연구 결과 (Lubbe and Snoo 2007; Kim 2017)와 유사하였으나, 서천의 경우 해당 시기 인가의 발생량이 매우 높은 것으로 나타났다. 번식 시기 제비 평균 굵이 빈도는 300회 이상으로 알려져 있으며 (Møller 1983), 부화 후 8~13일이 되면 새끼의 먹이 요구치가 최대로 증가하게 되어 (Snapp 1976) 어미새의 굵이 빈도가 잦아진다. 제비는 잦은 굵이 요구를 충족시키기 위해 800 m 내 서식 면적을 가지며 (Kim 2017), 이소 후 영소지 인근 1 km 내에서 탐색 활동을 보인다 (Chole *et al.* 2020). 서천의 제비 서식지 주변은 72.9%가 논인 반면 단위 면적당 발생량은 매우 낮으며, 이러한 넓은 먹이터 면적과 낮은 발생량은 에너지 효율을 위해 등지 주변에서 먹이활동을 하는 제비에게 불리하게 작용할 수 있다 (Evans *et al.* 2007). 이 시기 인가에서 발생하는 다량의 먹이원은 제비에게 부족한 먹이원을 보충해 줄 수 있으며, 이러한 인가의 안정적인 먹이원 공급은 인간의 건축물에 집을 짓고 사는 제비에게 있어 매우 중요한 서식지 선택 요인이 될 수 있다 (Turner 2006).

본 연구를 통해 서천과 세종지역 내 서식하는 제비의 서식지 이용 특성에 따른 잠재적 먹이량의 시기별 발생량 변화를 살펴보았으며, 제비의 행동 시기별로 주요 먹이원 공급지가 달라지는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 먹이원인 서식지별 비행성 곤충의 선호도와 주요 발생 시기가 중요하며, 제비는 번식장소 선정에 이러한 정보를 이용하는

것으로 생각된다. 지역적 한계로 인해 해당 서식지의 먹이원 발생 변화가 모든 지역을 대표할 순 없으나 본 연구 결과를 통해 제비의 서식지 보호 및 유치에 필요한 기초자료로 활용할 수 있으며, 추후 다양한 제비 서식지의 먹이원 발생량 자료가 확보된다면 보다 정밀한 분석이 가능할 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 2019, 2020년 서천과 세종에서 제비의 번식이 확인된 동지 63개(서천 23, 세종 40)의 좌표를 대상으로 800m 내 제비의 서식지 현황과 잠재적 먹이원 발생량 변화를 분석하였다. 연구지역 내 제비의 서식지 구성을 확인한 결과 세종이 서천에 비해 다양한 서식지 유형을 보였으며, 다양한 우점군의 출현이 확인되어 제비의 잠재적 먹이원인 비행성 곤충의 발생에 있어 유리한 서식지 요소로 가진 것으로 확인되었다. 잠재적 먹이원 발생량은 서천은 인가와 하천, 세종은 하천에서의 발생량이 가장 높았다. 잠재적 먹이원 발생량은 서식지 유형에 따라 발생시기에 차이를 보였다. 본 연구는 제비의 번식장소 주변의 서식지 유형을 파악하고, 해당 서식지에서 발생하는 잠재적 먹이원의 발생시기와 발생량 비교를 통해 제비의 서식지 보호 및 유치에 필요한 기초자료로 제공하고자 한다.

CRedit authorship contribution statement

Sung Hoon Choi: Conceptualization, Experiment design, Data collection (food resource), Writing-Original draft preparation, Reviewing, and Editing. Seon-Deok Jin: Experiment design, Data collection (food resource). Reviewing. Tehan Kang: Experiment design, Data collection (food resource). Reviewing. Eun-Jung Kim: Data classification (food resource). Joohyuk-Yoon: Data classification (food resource). Hong-Shik Oh: Reviewing and Editing

사 사

제비의 잠재적 먹이원 확보 및 분류에 도움을 주신 국립생태원 장기생태연구팀, 한국환경생태연구소, 국립중앙과학관 분들께 감사드립니다. 본 연구는 국립생태원 “인간활동변화가 제비에 미치는 영향 및 보전 연구(NIE-기반연구-2021-26)”의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Ambrosini R, AM Bolzern, L Canova, S Arieni, AP Møller and N Saino. 2002. The distribution and colony size of barn swallows in relation to agricultural land use. *J. Appl. Ecol.* 39:524-534. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00721.x>
- Brown CR and MB Brown. 1999. Barn swallow (*H. rustica*). pp. 1-32. In: *The Birds of North America*. Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, NY. <https://doi.org/10.2173/bna.barswa.02>
- Burfield I and FV Bommel. 2004. *Birds in Europe: Population Estimates, Trends and Conservation Status*. BirdLife International. Cambridge.
- Chloe KB, AM Nancy and TD Williams. 2020. Barn swallow (*H. rustica*) fledglings use crop habitat more frequently in relation to its availability than pasture and other habitat types. *Ornithol. Appl.* 122:1-14. <https://doi.org/10.1093/condor/duz067>
- Choi IS. 1999. *Studies on the breeding ecology and group formation behaviours of house swallow, H. rustica, before migration to wintering area*. MS Thesis, Kongju University. Kongju, Korea. p. 40.
- Clutton-Brock TH. 1991. *The Evolution of Parental Care*. Princeton University Press. Princeton, NJ. p. 368.
- COSEWIC. 2011. *COSEWIC Annual Report (2010-2011)*. Committee on the Status Endangered Wildlife in Canada. The Minister of the Environment, Canada. p. 69.
- Cultural Heritage Administration. 2009. *Basic Survey of Barn Swallow Habitat for Natural Monument Designation-Chungnam Planning*. Cultural Heritage Administration. Daejeon, Korea. p. 209.
- Daan S and JM Tinbergen. 1997. Adaptation of life histories. pp. 311-333. In: *Behavioural Ecology: an Evolutionary Approach* (Eds JR Krebs JR and NB Davies, eds.). Wiley-Blackwell. Oxford.
- Danks HV. 2007. The elements of seasonal adaptations in insects. *Can. Entomol.* 139:1-44. <https://doi.org/10.4039/n06-048>
- Davidson NC and PR Evans. 1988. Prebreeding accumulation of fat and muscle protein by Arctic-breeding shorebirds. *Proc. Int. Ornithol. Congr.* 19:342-352.
- Downes JA. 1965. Adaptations of insects in the Arctic. *Annu. Rev. Entomol.* 10:257-274. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.10.010165.001353>
- Evans KL, JD Wilson and RB Bradbury. 2007. Effects of crop type and aerial invertebrates abundance on foraging barn swallows *H. rustica*. *Agric. Ecosyst. Environ.* 122:267-273. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.01.015>
- Evans KL, RB Bradbury and JD Wilson. 2003. Selection of hedgerows by swallows *H. rustica* foraging on farmland: The influence of local habitat and weather. *Bird Stud.* 50:8-14.

- <https://doi.org/10.1080/00063650309461284>
- Frouz J. 1999. Use of soil dwelling Diptera (Insecta, Diptera) as bioindicators: a review of ecological requirements and response to disturbance. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74:167–186 [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00036-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00036-5)
- Fuller RJ. 2000. Relationships between recent changes in lowland British agriculture and farmland bird populations: An overview. pp. 5–16. In: Proceedings of the 1999 British Ornithologists' Union Spring Conference. Ecology and conservation of lowland farmland birds. University of Southampton. Southampton, UK.
- Grüebler M and B Naef-Daenzer. 2003. To feed or not to feed? A trade-off in the post-fledging parental care in the double-brooded barn swallow *H. rustica*. *Vogelwarte.* 42:103–104.
- Han HJ. 2009. Nest site selection and breeding ecology of barn swallows. MStHesis, Kyung Hee University. Seoul, Korea. p. 59.
- Hildén O. 1965. Habitat selection of birds. A review. *Annales Zoologici Fennici.* 2:53–75.
- Houston AI. 1998. Models of optimal avian migration: state, time and predation. *J. Avian Biol.* 29:395–404. <https://doi.org/10.2307/3677158>
- Hur WH, SJ Park, SJ Rhim, YS Park, SY Choi, CB Lee and WS Lee. 2003. Differences in bird communities due to different habitat type in Han River area. *Korean J. Environ. Ecol.* 17:83–91.
- Jang HJ, H Yoon, HR Kwon, YM Yu and YN Youn. 2017. Mass-rearing method of the fungus gnat, *Bradysia difformis* (Sciaridae, Diptera) in laboratory. *Korean J. Appl. Entomol.* 57:57–64. <https://doi.org/10.5656/KSAE.2018.01.1.042>
- Kim IK and KH Hahm. 2001. A study on the breeding ecology of barn swallow (*H. rustica*). *Korean J. Ornithol.* 8:1–9.
- Kim SJ, DP Lee and HS OH. 2016. Nesting and breeding behaviors of barn swallow. pp. 27–28. In: Proceedings of the Korean Society of Environment and Ecology Conference. Korean Society of Environment and Ecology.
- Kim SJ. 2017. Breeding ecology and management of barn swallow (*H. rustica*) in Korea. Ph. D. Thesis, Jeju University. Jeju, Korea. p. 105.
- Ko JK, JS Han, YS Park and NH Choi. 2010. Analysis of the ecology dynamics of the house swallow. *Korean Syst. Dyn. Rev.* 11:105–126.
- Lubbe SK and GR de Snoo. 2007. Effect of dairy farm management on swallow *H. rustica* abundance in the Netherlands. *Bird Stud.* 54:176–181. <https://doi.org/10.1080/00063650709461473>
- Mills SG, JB Dunning and JM Bates. 1989. Effects of urbanization on breeding bird community structure in south-western desert habitats. *The Condor* 91:416–428. <https://doi.org/10.2307/1368320>
- Møller AP. 1983. Changes in Danish farmland habitats and their populations of breeding birds. *Holarctic Ecol.* 6:95–100. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1983.tb01070.x>
- Møller AP. 1987. Advantages and disadvantages of coloniality in the swallow, *H. rustica*. *Anim. Behav.* 35:819–832. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(87\)80118-5](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(87)80118-5)
- Møller AP. 2001. The effect of dairy farming on barn swallow *H. rustica* abundance, distribution and reproduction. *J. Appl. Ecol.* 38:378–389. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00593.x>
- Mousseau TA and CW Fox. 1998. The adaptive significance of maternal effects. *Trends Ecol. Evol.* 13:403–407. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01472-4](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01472-4)
- Newton I. 1979. Population Ecology of Raptors. T & AD Poyser Ltd. Berkhamsted, UK. p. 399.
- Newton I. 1998. Population Limitation in Birds. Academic Press. Amsterdam. p. 597.
- Noh DR. 2016. Barn swallow (*H. rustica*) analysis of factors affecting parent's feeding decision. MStHesis, Ewha Womans University. Seoul. p. 52.
- Ricklefs RE. 1974. The energetics of reproduction in birds. pp. 152–297. In: *Avian Energetics* (Paynter RA, ed.). Nuttall Ornithological Club. Cambridge, MA.
- Shields WM. 1984. Factors affecting nest and site fidelity in Adirondack barn swallow (*H. rustica*). *The Auk* 101:780–789. <https://doi.org/10.2307/4086904>
- Smith CCR, SM Flaxman, ESC Scordato, NC Kane, AK Hund, BM Sheta and RJ Safran. 2018. Demographic inference in barn swallows using whole-genome data shows signal for bottleneck and subspecies differentiation during the Holocene. *Mol. Ecol.* 27:4200–4212. <https://doi.org/10.1111/mec.14854>
- Snapp BD. 1976. Colonial breeding in the barn swallow (*H. rustica*) and its adaptive significance. *Condor* 78:471–480. <https://doi.org/10.2307/1367096>
- Snow D and CM Perrins. 1998. The Birds of the Western Palearctic. Concise Edition. Volume 2 - Passerines. Oxford University Press. Oxford.
- Stanton RL, CA Morrissey and RG Clark. 2018. Analysis of trends and agricultural drivers of farmland bird declines in North America: A review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 254:224–254. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.028>
- Turner AK and C Rose. 1989. A Handbook to the Swallows and Martins of the World. Christopher Helm. London.
- Turner AK. 2006. The Barn Swallow. T & AD Poyser. London.
- Williams GC. 1966. Natural selection, the costs of reproduction,

and a refinement of Lack's principle. *Am. Nat.* 100:687-690. <https://doi.org/10.1086/282461>

Williams TD. 1994. Intraspecific variation in egg size and egg composition in birds: Effects on offspring fitness. *Biol. Rev.* 69: 35-59. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1994.tb01485.x>

Winkler DW and PE Allen. 1996. The seasonal decline in Tree

Swallow clutch size: physiological constraint or strategic adjustment? *Ecology* 77:922-932. <https://doi.org/10.2307/2265512>

Won PO. 1981. Illustrated Flora and Fauna of Korea. Avifauna. Department of Education, Korea. pp. 792-799.