



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

博士學位論文

한국에 도래하는 제비(*Hirundo rustica*)의
번식생태 및 관리방안

濟州大學校 大學院

科學教育學部

金 相 辰

2017年 8月

한국에 도래하는 제비 (*Hirundo rustica*)의 번식생태 및 관리방안

金相辰 二〇一七



한국에 도래하는 제비(*Hirundo rustica*)의
번식생태 및 관리방안

指導教授 吳 弘 植

金 相 辰

이 論文을 理學 博士學位 論文으로 提出함

2017年 6月

金相辰의 理學博士學位 論文을 認准함

審査委員長

이우준

委 員

이채숙

委 員

안근래

委 員

강경희

委 員

오홍식



濟州大學校 大學院

2017年 6月

Breeding Ecology and Management of Barn Swallow (*Hirundo rustica*) in Korea

Sang-Jin Kim
(Supervised by professor Hong-Shik Oh)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the
degree of Doctor of Philosophy in Animal Ecology

2017. 6.

This thesis has been examined and approved.

Doo Pyo Lee

Thesis director, Doo-Pyo Lee, Prof. of Occupational Therapy

Lee, Hansoo

Keun Jae, Ahn

Kyunghee Kary

Hong shik Oh

(Name and signature)

June 17, 2017

Date

Faculty of Science Education
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

List of Tables	iv
List of Figures	v
ABSTRACT	vii
I. 서론	1
II. 연구사	3
1. 국외 연구	3
2. 국내 연구	4
III. 연구방법	5
1. 연구지역	5
2. 연구기간	5
3. 도래 및 번식경과	7
4. 서식지 이용 및 잠재 먹이원	7
4.1 번식지 환경	7
4.2 행동권	8
4.3 잠재 먹이원	8
5. 등지 특성 및 이용률	9
6. 알과 새끼	11
6.1 알 크기 및 한배 산란수, 포란·육추 기간	11

6.2 새끼 성장률	11
7. 번식행동	12
7.1 성별 구분	12
7.2 번식행동 조사	12
7.3 분석방법	12
8. 번식 성공률	13
9. 체외기생충 감염 현황	14
10. 귀소율	14
11. 관리방안 마련을 위한 설문조사	15
IV. 결과 및 고찰	16
1. 도래 및 번식경과	16
1.1 도래 현황	16
1.2 번식경과	16
1.3 고찰	17
2. 서식지 이용 및 잠재 먹이원	20
2.1 번식지 환경	20
2.2 행동권	23
2.3 잠재 먹이원	26
2.4 고찰	30
3. 번식생태	34
3.1 영소습성	34
3.2 알과 포란	44
3.3 새끼와 육추	49
3.4 번식 성공	56
4. 체외기생충	60

4.1	체외기생충 감염 정도	60
4.2	고찰	63
5.	귀소성	65
5.1	귀소율	65
5.2	고찰	67
6.	관리 방안	68
6.1	제비 분포 및 개체군 경향	68
6.2	서식지 요구조건	71
6.3	위협 및 제한 요인	73
6.4	관리 방안	78
V.	결론	84
VI.	국문 요약	87
VII.	참고문헌	89

List of Tables

Table 1. Air temperatures during the breeding behavior survey	13
Table 2. Arrival dates from sources in the Korea	18
Table 3. The analysis of land use distribution around breeding habitats	20
Table 4. The analysis of land use distribution in barn swallow home range	23
Table 5. Composition of potential preys	27
Table 6. Abundance of potential preys by environmental types	27
Table 7. Percentage composition of the diet of adult barn swallows in breeding and non-breeding seasons	32
Table 8. Nest site preferences of barn swallows	35
Table 9. Preference type of building by the barn swallow	36
Table 10. Dimensions of barn swallow nests (n=34)	37
Table 11. Barn swallow nest weight	37
Table 12. Parental nest-building frequency and time by sex during morning	40
Table 13. Egg traits of barn swallow (n=53)	44
Table 14. The clutch size of barn swallow	45
Table 15. The incubation period of barn swallow	46
Table 16. The brooding period of barn swallow	49
Table 17. Reproductive success of barn swallow	57
Table 18. Causes of eggs and hatchlings failures	58
Table 19. Clutch size and breeding success in relation to levels ectoparasite infestation	63
Table 20. Return rates of subadult barn swallows	65

List of Figures

Figure 1. Map of survey area in Gwangju metropolitan city	6
Figure 2. Definition of nest measurements	10
Figure 3. Type of building; 'closed' (four walls), 'half-open' (one side open)10	
Figure 4. Reproduction process of barn swallows in 2012	16
Figure 5. First arrival dates of the barn swallow in Korea, 1998-2014	18
Figure 6. Map of the locations of the meteorological sites (a) and tendency of first arrival dates in those stations, 1980-2017	19
Figure 7. Map of land use in Deokheung village (Star: nests)	21
Figure 8. Map of land use in Yudeok village (Star: nests)	22
Figure 9. Map of Home range around Deokheung village (Star: nests)	24
Figure 10. Map of Home range around Yudeok village (Star: nests)	25
Figure 11. Photographs of potential preys survey areas	28
Figure 12. Photographs of insects collected by 'sticky yellow traps'	29
Figure 13. Direction of the building	36
Figure 14. Direction of the nest	36
Figure 15. Number of nests during breeding season of barn swallow	38
Figure 16. Number distribution of nests during breeding season	38
Figure 17. Parental nest-building frequency by sex during daytime (n=2) ----	40
Figure 18. Clutch size in relation to laying date(-: Regression line)	45
Figure 19. The relationship between incubation times and mean air temperatures (n=5)	47
Figure 20. Scattered plots of head-bill, bill, primary wing, tarsus lengths and body weight of nestling	50
Figure 21. Parental feeding frequency (A) and time (B) by sex during daytime (n=5)	52
Figure 22. The relationship between defecation and feeding in nestling birds (n=5)52	

Figure 23. Breeding success in relation to laying date (-: Regression line)--	57
Figure 24. Photograph of major ectoparasites collected in the swallows nests	61
Figure 25. Analysis of ectoparasites infection between new and old nests----	62
Figure 26. Analysis of ectoparasites infection between first and second brood	63
Figure 27. Return of banded barn swallow -----	66
Figure 28. Barn swallow recorded areas based on the 3rd National Ecosystem Survey (2006~2012).-----	70
Figure 29. Density of barn swallows by year according to the NIER(2015) report -----	70
Figure 30. Photographs of swallows droppings accumulated below the nests	76
Figure 31. Photographs of barn swallows killed by predator-----	77
Figure 32. Barn swallow attitude survey results of villagers-----	80

ABSTRACT

This study was conducted to identify the habitat features, nesting habits and breeding ecology of barn swallows in the Gwangju Metropolitan Area during the breeding season from 2012 to 2014. Furthermore, this study aims at using the results to propose a management plan for the protection of swallows and their habitats in Korea.

It was confirmed that barn swallows fly to Korea in late March and leave their breeding grounds in late August. For breeding grounds, nesting habitats accounted for approximately 5~10%, farmland for predatory activities accounted for 27~52.7%, and rivers took up 10~15%. The home range area was 0.8~0.84 km² and the most land used within the home range was farmland (42.2~53.2%). The majority of potential prey included insecta, while aranea was also collected. Among the insecta, diptera was the most commonly sought at 48.3%, followed by hymenoptera at 24.7%, coleoptera at 10.7%, hemiptera at 3.0%, lepidoptera at 1.8%, odonata at 1.5% and homoptera at 0.7%. All nests were attached to the vertical walls and roofs of buildings, and the outer diameter of nests were 18.2±3.2cm, with a depth of 9.8±3.1cm, an inner diameter of 11.2±1.5cm, and inner depth of 3.4±0.5cm, and were located at a mean height of 2.9±0.3m. Breeding nests were attached to cement walls (44.9%), lumber (23.1%), bricks (21.8%), and light poles (6.4%). The usage rate of nests was found to be 39.0% for older nests and 61.0% for new nests. Both male and female swallows made nests and took approximately eight days to complete a nest. In the morning hours when there is highest concentration of nesting activities, nesting frequency displayed a range of 14.2~31.0 trips/h with males at 10.2~19.8 trips/h and females at 4.0~11.4 trips/h. Clutch sizes ranged from 2~5 and the mean was 4.5. The mean egg length was 18.23±0.73mm, the height was 13.11±0.25mm, and the volume 1.60±0.11cm³, the egg shape index 1.39±0.05, and

egg weight was 1.69 ± 0.15 g. Only the female incubated eggs and the average incubation period was 13 days. The incubation time was 50.6 ± 17.5 min/h in the early morning at 6 a.m., and about 84% of one hour was used for incubation. At 7 a.m., it took an average of 24.5 min/h (40.8%), and following that time, it was found to be at an average of 15.6 min/h (26.0%). The weight of birds immediately after hatching were approximately 1.4~2.0g. They grew rapidly from four to ten days after hatching, and on the 12th to 14th day, the mean weight was 18.2g (15.8~20.5g). The brooding period was approximately 23 days and feeding activity was carried out by both the male and female. The frequency of feeding during the day included a total of 385.2 ± 66.9 trips/nest, and was 219.2 ± 37.1 trips/nest for males and 166.0 ± 30.8 trips/nest for females. The success rate of hatching and fledging were 89.1% and 84.5%, respectively. The main causes for reproduction failure were unfertilized eggs, predators, damage to nests, and the forfeiture of reproduction. There was a high rate of infection by ectoparasites such as lice and mites. The return rate of chicks was very low at 0~3%. Barn swallows are distributed nationwide excluding some mountain areas and urban regions, and the population of barn swallows has been stabilizing recently.

In conclusion, it is judged that the results of this study will be used widely as data necessary for the preservation and management of barn swallow habitats.

I. 서론

인간과 가장 친밀하고 우리 민족에게 많이 알려진 제비(*Hirundo rustica*)는 국내에 널리 분포하는 대표적인 여름철새로 참새목(Passeriformes) 제비과(Hirundinidae)에 속하는 83종 중 하나이다(Turner and Rose, 1989; Turner, 2006). 한반도에 도래하는 제비류는 제비를 포함하여 갈색제비(*Riparia riparia*), 마위산제비(*Ptyonoprogne rupestris*), 흰턱제비(*Delichon urbicum*), 흰털발제비(*Delichon dasypus*), 귀제비(*Cecropis daurica*) 등 5속 6종이 있다(박, 2014).

제비는 전 세계적으로 분포하며, 유라시아대륙 중·남부, 아프리카 북부, 북미 중·남부에서 번식하고 아프리카 남부, 인도, 동아시아, 필리핀, 뉴기니 등에서 월동한다(Turner, 2006; 박, 2014). 주요 서식지는 도시근교의 인가나 농촌지역이며, 다양한 서식지에서 번식하지만 대부분 초지와 강, 습지를 따라 번식한다. 과거에 제비는 동굴에서 서식하였지만, 오늘날 제비가 이용하는 자연적인 영소지는 거의 드물고, 대부분의 둥지는 인간이 만든 구조물의 내·외부에 위치한다(Brown and Brown, 1999). 둥지는 처마 밑이나 교량 등에 진흙과 볏짚으로 일반적으로 밥그릇 모양으로 짓는다. 보통 둥지 근처 500m에서 다양한 곤충들을 포식하는데, 특히 딱정벌레류(Coleoptera), 벌목(Hymenoptera), 파리류(Diptera)를 선호한다고 알려져 있다(Brown and Brown 1999; Gruebler and Naef-Daenzer, 2003; Turner, 2006; COSEWIC, 2011). 산란기는 4월 중순에서 7월 하순까지이며, 대부분 연 2회 연속 번식을 한다. 번식이 끝난 6월 상순에서 10월 상순까지는 무리를 지어 배 받이나 갈밭을 잠자리로 하며(King and Dickinso, 1998), 그 후 월동지로 이동한다(원, 1981; 최, 1998; 김과 함, 2001). 이러한 제비의 넓은 서식분포와 인간과 가까운 곳에 둥지를 트는 습성 때문에 일반 대중에게 잘 알려져 왔다(COSEWIC, 2011).

제비는 북극과 남극을 제외한 대부분의 지역에서 출현하고 있지만 여러 나라에서 제비 개체군의 지역적인 감소가 보고되고 있다(Tucker and Heath, 1994; Robinson *et al.*, 2003). 1990년 이후 전체 유럽 개체군은 1~9% 감소하였고(Burfield and Van Bommel, 2004), 국내에서도 2000년에 100ha 당 37개체에서 2013년에 17.3개체로 13년 동안에 절반 이상 감소하여 종 보전과 서식지 보호를 위

한 기초 연구도 진행되었으며, 천연기념물 지정도 고려되고 있는 실정이다(문화재청, 2009; 국립생물자원관, 2013). 그러나 지금까지 국내에서의 체비에 대한 연구는 번식생태 파악에 집중되어 왔다.

한 생물종의 보전을 위해서는 먼저 그 종의 생물학적, 사회적 특징과 서식지 이용에 관한 생태학적 정보를 확보하고, 그에 따른 종과 서식지 보호 및 관리가 이루어져야 한다(Goldsmith, 1991). 비록 유럽과 북미 개체군에 대한 연구 결과는 많이 이루어진 상태이나, 국내에서는 번식생태에 대한 연구 결과가 일부 보고되고 있으나(김과 함, 2001; 한, 2009; 김, 2012), 서식지 이용과 행동 연구, 기생충 감염현황을 파악하기는 어려운 실정이다.

이에 본 연구는 국내에서 번식하는 체비의 도래현황, 서식지 이용, 먹이자원, 번식생태 및 번식행동, 체외기생충 감염현황, 귀소성에 대한 특성을 구명하고, 연구된 결과들을 종합하여 종과 개체군 및 서식지 보호에 필요한 관리방안을 마련하는데 필요한 자료를 제시하기 위하여 이루어졌다.

II. 연구사

1. 국외 연구

제비류(Hirundines)에 속하는 다른 종들의 생물학적 특성에 대해서는 많은 연구가 이루어져 있지 않은 실정이나 제비에 대해서는 지역 개체군을 중심으로 비교적 많은 연구가 이루어져 왔고, 장기 프로젝트도 수행되고 있다. 에너지학적인 번식생태 연구가 1970년대 이후 스코틀랜드 중부의 스티어링(Stirling)에서 진행되었다(Turner, 1980). 덴마크에서는 Møller를 중심으로 1971년부터 배우자 선택(mate choice)과 성 선택(sexual selection), 생산성(productivity)과 생존(survival)에 영향을 주는 요인에 대한 연구가 이루어져 왔다(Møller, 1990; Møller, 1994; Møller and de Lope, 1999). 또한 스페인과 이탈리아에서는 음성(songs), 새끼의 구걸(chick begging), 면역기능(immune function)에 대해 장기간 연구되었으며, 핀란드, 에스토니아, 헝가리, 알제리, 덴마크, 이탈리아, 스페인에서도 제비의 생태와 생물학적 특성(Møller *et al.*, 1995; Ambrosini *et al.*, 2002; Møller and Szép, 2005)에 대한 연구가 있었다. 최근에는 체르노빌과 후쿠시마에서의 원자력 사고에 따른 방사선 영향 연구(Møller *et al.*, 2005; Bonisoli-Alquati *et al.*, 2015)가 이루어지고 있으며, 북미지역에서는 제비 그룹 내 비용(costs)과 이익(benefits) 등에 대한 연구가 있었다(Beal, 1918; Samuel, 1971; Brewer *et al.*, 1991; Palmer-Bell, 1996; Nicholson, 1997; Kingery, 1998). 또한 제비에 대해서는 다양한 프로젝트가 진행되고 있는데, 주요 연구는 EURING Swallow Project로 종의 개체군 경향과 분포 패턴을 연구하는 목적으로 1998년에 시작된 바 있다.

2. 국내 연구

국내에서는 제비 도래 개체군 경향 분석하기 위한 연구로 표식방조에 의한 한 국산 철새집단의 계절적 분포와 그의 생태(Ⅱ)(원 등, 1969)와 야생동물 서식실태조사 및 관리·자원화 방안 연구(국립생물자원관, 2015), 다도해해상국립공원 흑산도에서 제비의 도래현황 분석(이 등, 2013) 등이 있다.

번식생태에 관해서는 제비의 번식 및 이동전 집단형성 행동(최, 1998), 제비의 번식생태 및 귀소성(김, 2000), 번식기 제비의 영소와 채이 행동(Kang, 2004), 영소지 선택과 번식 생태(한, 2009), 주남저수지와 달성습지에 번식하는 제비의 번식 생태(김, 2012) 등이 있으며, 비번식기의 행동생태와 귀소성, 번식행동 생태도 함께 수행되었다. 그밖에 우리나라에 번식하는 제비의 먹이자원에 관한 생태학적 연구(이, 2009)와 제비 부모의 먹이 공급 결정에 영향을 미치는 요인에 관한 분석(노, 2016), 먹이자원과 급이행동에 대한 실험연구 등이 있으나 국내에서 도래하여 번식하는 제비의 서식지 특성, 행동권, 체외기생충에 대해서는 이루어진 바 없으며, 번식행동(영소, 포란, 급이 등) 및 번식생태, 먹이원, 귀소성 등 종 보전을 하는 데 필요한 상세한 자료는 없는 실정이다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구지역

본 연구는 광주광역시 서구 유덕동(35°09' N, 126°50' E; 해발고도 18~25m)의 덕흥마을과 유덕마을에서 이루어졌다(Figure 1). 연구지역은 도시 근교에 위치한 마을로 덕흥마을의 북서쪽으로는 영산강이 흐르고, 유덕마을의 남동쪽으로는 광주천이 있다. 덕흥마을(면적 2.7km²)은 전답(48.4%)이 가장 넓은 면적을 나타내고, 하천(21.9%), 도로(12.6%) 등의 순으로 나타나며, 유덕마을(면적 1.6km²)은 전답(23.2%)이 가장 넓고, 하천(19.5%), 대지(18.3%), 도로(15.7%), 전(8.8%) 등이 있다(광주광역시, 2013). 덕흥마을은 도심지와 상대적으로 인접해 있는 유덕마을보다 농촌 특색이 상대적으로 강한 편이나 지리적 위치상 도시화로 인해 이들 번식지의 농경지 면적이 매년 감소하고 있는 추세이며, 이곳에 건물 및 창고 등이 들어서고 있는 상황이다. 덕흥마을은 주로 영농활동이 주를 이루고 있으나, 유덕마을은 영농 인구보다 도심지로 이동하여 생활하는 인구가 혼재하고 있다.

광주광역시의 기후 특성은 우리나라 기후대의 남부서해안형에 속하며, 2012년에 연평균 기온 13.8℃, 1월 평균기온 0.6℃, 8월 평균기온 26.2℃로 연고차는 26.8℃이며, 연강수량은 1,391mm이다(기상청, 2012).

2. 연구기간

연구는 연구지역에 도래하여 번식하는 제비의 서식지 특성, 번식생태 및 번식행동, 체외기생충 감염현황 및 귀소성 등을 밝히기 위하여 2012년부터 2014년 번식기 동안 조사되었다.

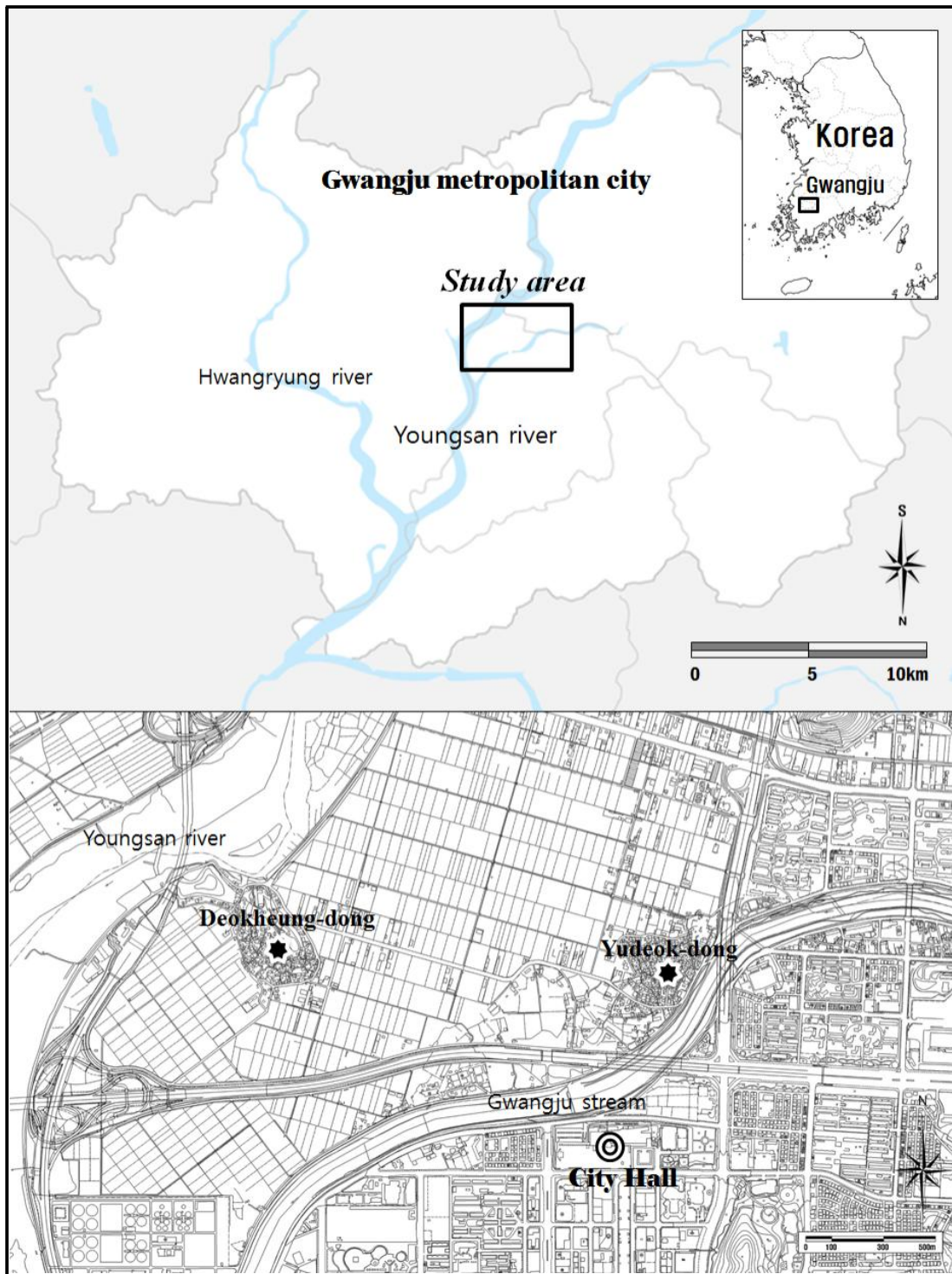


Figure 1. Map of survey area in Gwangju metropolitan city.

3. 도래 및 번식경과

제비의 도래 현황은 2012~2014년 동안 연구지역의 첫 도래일과 번식을 마친 후 월동지로 이동해 가는 비거일에 대하여 조사하였다. 첫 도래일은 3~4월, 비거일은 8~9월경에 조사지역을 2~3일 간격으로 방문하여 육안과 쌍안경(8×32, Nikon)을 이용하여 관찰하였다. 번식경과는 2012년 번식기 동안에 주 1~3회 간격으로 연구지역의 번식중인 모든 둥지를 방문하여, 영소, 산란, 포란, 부화, 육추, 이소와 관련된 번식경과를 조사하였다. 제비는 2차 또는 3차 번식까지 시도하는 것으로 기록되어 있기 때문에 번식기 동안 정기적으로 방문하여 조사하였다. 2차 번식 둥지는 최소 2개 이상의 알을 낳은 둥지로 한정하였다. 단지 한 개의 알이 있는 경우는 “egg-dumping”의 가능성이 있기 때문이다(Møller, 1989). 제비 성조들이 같은 둥지 또는 건물에 남아있고, 종내 번식 간격이 비정상적으로 길지 않은 경우는 동일한 번식쌍으로 가정하였다.

4. 서식지 이용 및 잠재 먹이원

4.1 번식지 환경

제비의 포식범위는 스위스에서 무선 발신기(radio-tag) 연구 결과, 둥지 근처 500m에서 대부분 포식하였으며(Grüebler and Naef-Daenzer, 2003), 스코틀랜드에서는 최대 600m로 보고된 바 있다(Møller, 1987). 이러한 기 보고된 포식범위를 참고로 연구지역의 농경지 분포 형태를 고려하여 덕흥마을과 유덕마을의 번식지 중심에서 반경 700m 내의 환경 특성을 조사하였다. 두 번식지는 약 1.4km 떨어져 있으며, 조사범위는 중복되지 않았다. 번식지 환경조사는 2013년 번식기 동안에 이루어졌으며, 환경부의 토지피복지도 제작 지침(환경부훈령 제1216호)을 참고하여 주거지역, 농경지, 하천, 교통시설지, 상업·공업·혼합·공동지역 등으로 구분하여 토지이용 분포 현황을 분석하였다.

4.2 행동권

제비의 1차 번식 육주시기인 2013년 6월 초순(5~9일)에 번식지인 덕홍마을과 유덕마을에서 행동권을 조사하였다. 행동권은 육추기 동안의 새끼의 급이요구와 곤충의 풍부도가 시간대별로 달라질 것으로 예상되어 오전(8~10시)과 오후(15~17시) 시간대로 구분하여 조사하였다. 번식지별로 관찰된 개체의 위치를 수치지도(1/5,000)에 기록하였으며, 일별 개체의 포식비행 범위 및 기후조건의 오차를 줄이기 위해 5일간의 조사결과를 종합하여 분석하였다. 행동권 면적은 각 번식지에서 관찰된 지점의 위치들 중 가장 외곽에 위치한 지점을 서로 연결시키는 최소볼록다각형법(Minimum Convex Polygon Method : MCP) 100% 방법을 적용하여 산정하였다(De Solla *et al.*, 1999). 포식 비행거리는 번식동지와 행동권 외곽선간의 최소, 최대거리로 조사하였다.

4.3 잠재 먹이원

잠재 먹이원 조사는 1차 번식에서 부화한 새끼들이 가장 많이 있는 시기인 2013년 6월 중순(15~17일)에 이루어졌다. 잠재 먹이원은 제비의 주요 포식 위치인 지상에서 약 1.5m 높이에 'sticky yellow traps' (23×50cm, Korea Beneficial Insects Lab.)를 설치하여 채집하였다(Bryant and Turner, 1982; Møller, 2001; Evans *et al.*, 2003). 먹이원 조사는 제비가 주로 활동하는 영소건물 및 농경지, 산림, 초지, 하천 등 주요 5개 환경유형에서 'sticky yellow traps' 설치 후 3일 후에 수거하였다. 조사지점은 번식중인 동지의 반경 100m 이내 영소건물에 10개, 농경지에 7개, 산림에 6개, 초지에 4개, 하천에 3개를 선정하였으며, 각 조사지점은 50m 이상 떨어져 하게 하였다. 한편 초지와 하천에 설치한 각각 1개의 트랩은 지역주민에 의해 제거되어 총 28개를 대상으로 분석하였다. 조사된 먹이원은 환경유형별 및 크기별($\leq 4\text{mm}$, $\leq 4 \sim > 8\text{mm}$, $> 8\text{mm}$)로 분석하였다. 잠재 먹이원 조사기간 동안 평균기온은 24.6°C(최저기온 20.4°C~최고기온 31.0°C)이며, 평균 풍속은 3 Beaufort scale (3.8~4.0m/s)로 맑은 날에 조사하였다. 잠재 먹이원의 크기별 환경유형에 따른 풍부도는 one-way ANOVA(일원배치 분산분석) 검정을 통해 비교분석하였고, 사후검증은 Duncan을 이용하였다.

5. 둥지 특성 및 이용률

영소지 특성은 2012~2013년 번식기 동안의 생성둥지(번식기에 새로 지어진 둥지)와 묵은둥지(번식기 이전에 지어진 둥지)를 모두 포함하여 조사하였다. 영소 특성은 접근이 가능한 둥지를 대상으로 영소지의 건물유형, 부착 위치 및 부착면 재료, 건물 및 둥지 방위, 영소건물의 개방 유형 등을 조사하였다. 조사한 둥지의 건물 유형은 이용형태에 따라 주택, 창고, 마을회관, 회사건물, 기타로 구분하였다. 또한 지붕의 형태에 따라 기와집, 벽돌집, 슬레이트집, 기타(창고 등)로 구분하였다. 둥지의 부착 위치는 벽면, 처마, 현관문, 창문, 대문, 기타 등으로 구분하였다. 둥지의 부착면 재질은 목재, 콘크리트, 벽돌, 기타(전등, 호스 등) 등으로 구분하였다.

건물방위는 건물의 배치 및 주요 출입구 위치 등을 기준으로, 둥지방위는 둥지의 입구를 기준으로 나침판을 이용하여 조사하였다. 건물방위와 둥지방위의 분포 차이를 알아보기 위해 χ^2 -test(SPSS 20)를 이용하였다. 또한 영소건물의 개방 유형은 Lubbe and de Snoo(2007)의 방법에 따라 'closed' (4면이 막혀 있음)와 'half-open' (한쪽 면이 개방되어 있음)으로 구분하여 조사하였다(Figure 2).

둥지의 크기와 위치(둥지 외측 직경, 깊이, 둥지 내측 직경, 내측 깊이, 둥지 두께, 둥지 폭, 둥지-천장/창문/출입문/지면 사이의 길이)는 Vernier calipers (Mitutoyo, unit 0.05mm)와 줄자(5m)를 이용하여 조사하였다(Figure 2). 둥지의 무게는 영소 건물 소유주의 허락을 받아 2013년 번식기 이후에 둥지를 채집하여 실험실에서 저울(Ohaus, unit 0.01g)로 측정하였다. 묵은둥지와 생성둥지간의 무게 차이는 t-test(SPSS 20)로 분석하였다.

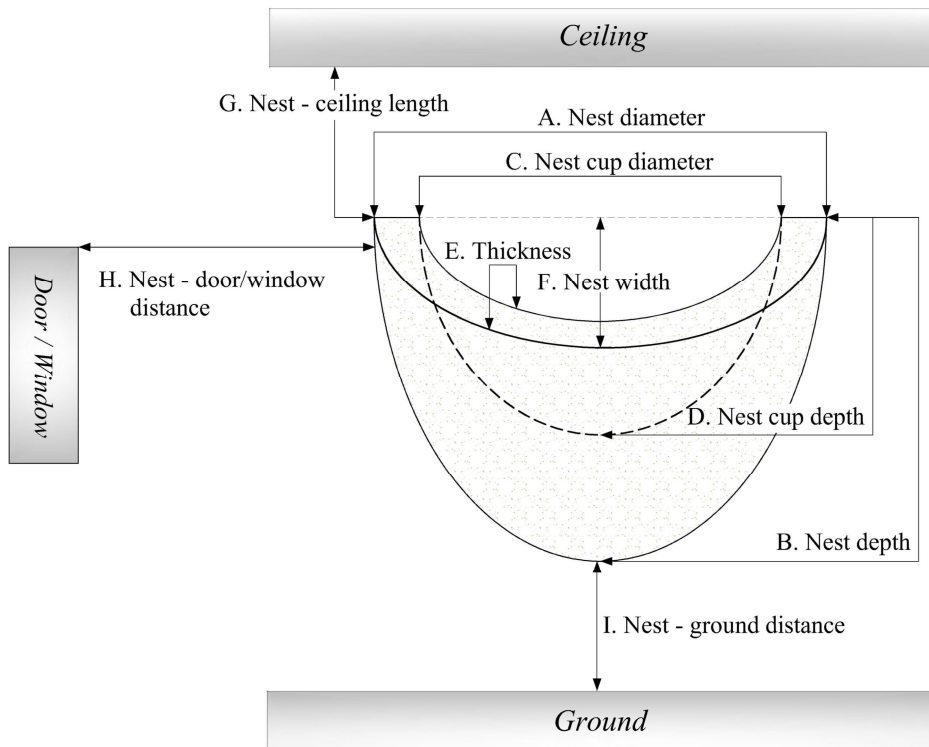


Figure 2. Definition of nest measurements.

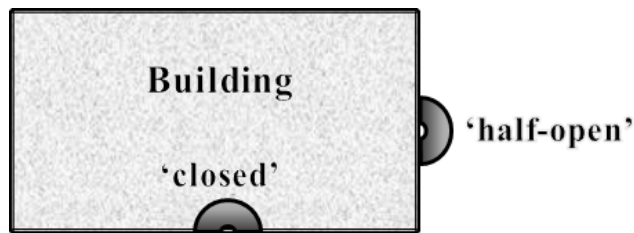


Figure 3. Type of building; 'closed' (four walls), 'half-open' (one side open).

6. 알과 새끼

6.1 알 크기 및 한배 산란수, 포란·육추 기간

제비가 연구지역에 도래하는 날부터 산란일, 한배 산란수, 포란, 육추, 이소의 번식경과를 육안과 쌍안경(8×32, Nikon)을 이용하여 2012년에 주 3회 간격으로 정기적으로 조사하였다. 둥지 내용물 확인은 Monopod(Manfrotto, 길이 60~1.6m)에 고정된 6×6cm 소형 거울을 이용하였고, 번식둥지 훼손(손실) 발생 시 영소건물 소유주의 탐문으로 이를 파악하였다.

2012년 번식기 동안에 부화된 알은 장경과 단경, 무게를 Vernier calipers (Mitutoyo, unit 0.05mm)와 저울(Ohaus, unit 0.01g)을 이용하여 측정하였고, 알의 형태지수(Schönwetter, 1967)와 알의 부피(Hoyt, 1979), 변이계수는 아래와 같은 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{알의 부피(Egg volume, cm}^3\text{)} = (\text{Length}) \times (\text{Breadth})^2 \times 0.51$$

$$\text{형태지수(Shape index, \%)} = (\text{Breadth}) / (\text{Length}) \times 100$$

$$\text{변이계수(CV: Coefficient of Variation, \%)} = (\text{standard deviation}/\text{mean}) \times 100$$

연구지역에서 번식둥지별로 첫 산란일을 조사하였으며, 한배 산란수는 포란이 진행되고 있을 때 만약 2번째 조사에서도 산란수의 변화가 없다면 이를 한배 산란수로 가정하였다. 포란기간은 산란개시일을 기준으로 부화 이전까지로 하였으며, 육추기간은 부화시부터 성장한 새끼가 모두 이소한 날을 기준으로 산정하였다.

한배 산란수와 포란기간, 육추기간은 t-test와 one-way ANOVA 분석을 통해 번식둥지별, 번식시기별, 한배 산란수별 한배 산란수 크기별로 차이를 알아보았다.

6.2 새끼 성장률

새끼의 성장률을 조사하기 위해 2012년의 1차 번식 둥지를 대상으로 부화 후 4일부터 2일 간격으로 이소 직전인 부화 후 18일 동안의 체중, 날개길이, 부척, 꼬리길이를 저울(Ohaus, unit 0.01g)과 Vernier calipers(Mitutoyo, unit 0.05mm)를 이용하여 측정하였다. 새끼의 개체 식별은 가락지 부착 전(부화 후 8~16일)에는 새끼의 부리, 발가락, 배 부분에 Color 유성 매직으로 표지하여 식별하였다.

7. 번식 행동

7.1 성별 구분

제비 성조의 암·수 구별은 수컷이 암컷보다 유난히 긴 바깥쪽 꼬리깃을 가지고 있어 야외에서 개략적인 구별이 가능하나 정확성을 기하기 위하여 번식기 초기 야간에 창문과 벽, 문 등에서 수면을 취하는 성조를 포충망으로 포획한 후 바깥쪽 꼬리깃 길이를 측정 한 후 금속 가락지와 유색 가락지를 부착하여 성별을 구분하였다. 바깥쪽 꼬리깃의 길이는 수컷이 평균 88.1mm (82~94mm 범위)이며, 암컷이 평균 74.5mm(70~78mm 범위)로 조사되어 성별로 평균 13.6mm(11~17mm 범위)의 꼬리깃의 차이를 보였다.

7.2 번식 행동 조사

번식행동은 2013년에 영소, 포란, 급이 행동을 중심으로 주간(08:00~18:00)에 빈도와 시간을 성별로 조사하였다. 영소행동은 주간(08:00~18:00)에 2개 등지를 조사한 결과, 주로 오전에 이루어지는 것으로 나타나 5개 등지에서 오전(08:00~13:00)에 실시하였다. 또한, 포란 및 급이행동은 한배 산란수와 부화 새끼수가 각각 5개인 등지에서 주간(06:00~18:00)에 조사하였다. 번식행동은 1차 번식 중 새로 영소한 생성등지에서 이루어졌으며, 각 번식행동별로 조사기간 중 최고기온 5℃ 범위내의 맑은 날에 수행하였다(Table 1).

영소행동은 등지의 완성 단계에 따른 오차를 줄이기 위해 4월 하순에 등지 완성 전의 약 10~50% 사이의 등지, 포란행동은 5월 초순에 산란 후 10일 이내 등지, 급이행동은 5월 하순에 새끼의 먹이요구가 최대인 부화 후 8~13일(Snapp, 1976)인 등지를 대상으로 조사하였다. 또한 급이행동 조사등지에서 새끼의 시간대별 배변횟수를 동시에 파악하였다.

7.3 분석 방법

번식행동은 등지별로 디지털 캠코더(HDR-CX12, Sony Corp., Japan)를 설치

하여 영상으로 기록한 후 컴퓨터에서 미디어 플레이 소프트웨어(GOM Media Player, Gretech Corp., Korea)로 각 등지에서 이루어지는 번식행동의 빈도와 시간을 성별로 구분하여 분석하였다.

성별 영소와 급이 행동의 빈도 및 시간 비교는 Mann-Whitney U-test 검사로, 영소와 급이 행동에서 1회당 성별 시간 비교는 Independent sample t-test 검정하였다. 또한, 포란행동에서 암컷의 시간대별 비교는 one-way ANOVA 분석을, 포란시간과 평균 기온간 상관관계와 부모의 급이 빈도와 새끼의 배변 빈도간의 상관관계는 Pearson's correlation 분석하였다. 모든 통계분석은 SPSS 20 프로그램을 이용하였으며, 조사된 측정값은 평균±표준편차(범위)로 나타냈다.

Table 1. Air temperatures during the breeding behavior survey

Survey	Air temperatures (°C)		
	Mean	Minimum	Maximum
Nest-building	14.2~17.9	7.3~13.5	20.1~24.0
Incubation	19.3~21.4	12.4~15.9	27.3~30.0
Feeding	21.6~23.6	14.5~16.8	29.5~31.6

8. 번식 성공률

번식 성공률(breeding success)은 산란된 알에서 이소한 새끼의 비율로 정의하였다. 부화 성공률(hatching success)은 산란된 알에서 부화한 새끼수의 비율, 이소 성공률(fledgling success)은 부화한 새끼에서 이소한 새끼의 비율, 등지 성공률(nesting success)은 알이 있는 등지에서 이소한 새끼가 있는 등지의 비율로 정의하였다.

번식기 동안 번식 실패 요인을 파악하기 위해 미부화(unhatched), 등지파괴(nest destruction), 포식(depredation), 영아살해(infanticide), 아사(starvation), 번식 포기(desertion), 알 수 없음(unknown) 같은 범주로 구분하였다.

미부화(unhatched): 무정란, 발생중지에 의하여 부화하지 않는 경우
 둥지파괴(nest destruction): 둥지가 부서지거나 지면에 떨어진 경우
 포식(depredation): 천적에 의해 알, 새끼가 사망하거나 둥지가 훼손된 경우
 영아살해(infanticide): 부화 직후 또는 하루 이내에 둥지 근처에서 발견된 경우
 아사(starvation) : 새끼의 체중이 감소하거나 사망한 채로 발견된 경우
 번식포기(desertion) : 알 또는 새끼가 둥지에 있음에도 포란, 육추를 하지 않은 경우
 알 수 없음(unknown) : 원인을 알 수 없는 경우

9. 체외기생충 감염 현황

체외기생충은 번식을 마치고 기간이 오래 경과되지 않은 둥지 내 모든 체외기생충을 관찰하는 방법으로 조사하였다. 2013년의 번식기 이후 7~8월에 영소건물 소유주의 허락을 받아 27개의 둥지를 수집하여 각 둥지에 있는 모든 체외기생충을 조사하였다. 조사한 둥지는 새끼가 이소 후 7일 이내에 수집되었으며, 이 시기는 체외기생충의 감염이 가장 많은 시기이다(Brown, 1985; Loye, 1985). 수집한 둥지는 비닐 지퍼 팩에 넣어 실험실로 옮겨 5~10일 정도 방치하였다. 체외기생충은 유리접시에 놓고 둥지 내부 재료를 분리하여 조사하였다. 체외기생충 개체수는 유리접시에 노출된 개체와 비닐팩에 남아있는 개체를 모두 계산하여 0, 1~100개체, 101~500개체, 501~1000개체, 1000개체 범위로 구분하여 감염수준을 추정하였다. 각 둥지 당 조사시간은 30~60분 정도 걸렸으며, 죽은 체외기생충은 관찰되지 않았다. 채집된 체외기생충은 70% ethanol을 사용하여 슬라이드표본을 만들어 현미경으로 동정, 사진촬영을 하였다.

10. 귀소율

제비의 귀소본능은 2012년 및 2013년 번식기 동안에 부화 후 8~16일 경과한 새끼에게 일련번호가 적힌 금속 가락지와 함께 유색 가락지(2012년: 노랑, 2013년:

빨강)를 부착하였다. 연구지역에 귀소한 개체를 식별하기 위해서 2013~2014년에 번식중인 모든 등지를 대상으로 한 영상녹화와 사진촬영, 쌍안경을 이용한 관찰을 통해 가락지 부착 여부 및 일련번호를 확인하였다.

11. 관리방안 마련을 위한 설문조사

제비가 번식중인 등지가 있는 건물에 생활하는 사람의 인식을 조사하기 위하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 제비가 영소한 건물 소유주 53명을 대상으로 (1) 당신의 건물에 제비가 있다는 것을 어떻게 생각하십니까? (2) 제비가 원하지 않은 곳에 등지를 만들었습니까? (3) 제비가 유익한 종(해충구체 등)이라고 생각하십니까? (4) 제비가 해로운 종(잠재적인 질병 전파자 등)이라고 생각하십니까? (5) 제비를 보호해야 한다고 생각하십니까? 의 5가지 질문을 포함하는 설문지를 실시하였다. 한편 1~4번의 설문 문항은 Lubbe and de Snoo(2007)의 농장주의 제비 인식에 대한 설문조사 문항을 참고하였다. 조사결과는 1~5의 리커트 척도(Likert scale)로 나타냈다(1은 매우 동의/매우 긍정적, 5는 매우 부동의/매우 부정적). 통계학적 유의성 검증은 단일표본 t-검정(one sample t-test)을 이용하였다.

또한 부가적으로 제비를 보호하기 위해 필요한 것이 무엇인지에 대한 설문조사도 실시하였다. 설문조사는 총 53명 중 26명이 참여하였으며, (1) 제비 등지 및 배설물 받침대 (2) 제비 서식지(제비마을) 지정(법적제제 없음) (3) 친환경 농법개발 및 도입 지원 (4) 천적(고양이 등) 퇴치 활동 (5) 관심유발을 위한 축제, 캐릭터 만들기(문패 등) (6) 필요 없음 등이 포함된 답변을 선택할 수 있도록 하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 도래 및 번식경과

1.1 도래 현황

2012년부터 2014년까지 3년간 제비의 도래일과 비거일을 관찰한 결과, 연구지역에 첫 도래한 일은 2012년에 4월 4일, 2013년에 3월 27일, 2014년에 3월 24일이었고, 비거일은 2012년에는 8월 21일, 2013년에 8월 24일, 2014년에 8월 26일로 확인되었다.

1.2 번식경과

연구지역에서 2012년도의 번식경과를 보면, 4월 4일에 제비가 처음 관찰된 이후 4월 17일 둥지 짓기가 시작되어 4월 21일에 첫 산란을 하였으며, 5월 8일부터 부화가 시작되어 약 3주 동안 육추기를 거쳐 이소하는 것으로 나타났다. 2차 번식은 1차 번식을 성공하였을 때는 6월 4일에 산란하였고, 실패한 경우에는 5월 26일에 산란을 하였으며, 8월 14일에 모든 새끼들이 이소하였다(Figure 4).

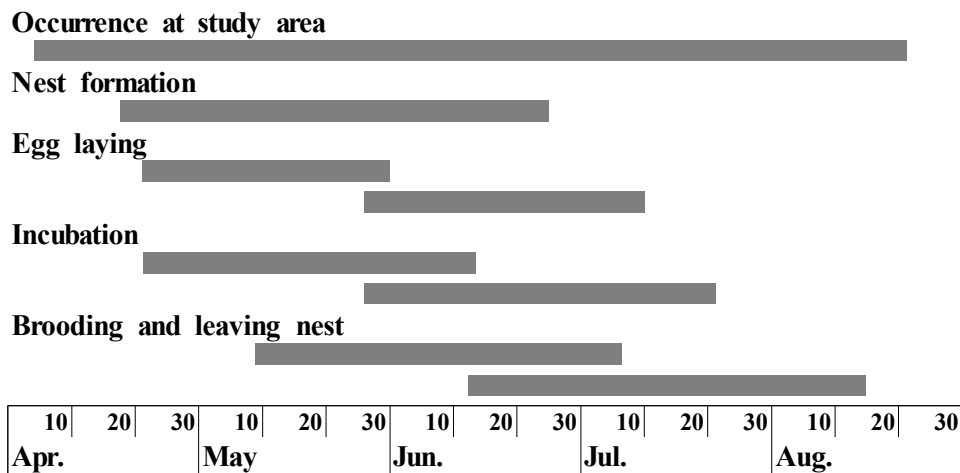


Figure 4. Reproduction process of barn swallows in 2012.

1.3 고찰

한국에서 제비가 도래하는 날은 내륙의 경우, 충남 태안군에서 4월 10일(최, 1998), 경남 함안 3월 16일, 마산 3월 20일(김과 함, 2001), 주남저수지 3월 19~29일, 대구 달성습지 3월 29일(김, 2012)로 보고되었다. 도서지역에서는 전남 홍도에서 2006년도 3월 20일, 2007년도 3월 4일, 2010년도 3월 16일, 제주도 2012년에 3월 16일에 각각 도래하였다(김, 2012). 본 연구에서는 3월 24일~4월 4일 사이에 도래하는 것으로 조사되어 보고된 남부 도서지역보다는 늦게 관찰되었지만 내륙 남부 지역과는 비슷하였다(Table 2, Figure 5). 국외의 경우, Primack *et al.*(2009)은 지구온난화에 대한 생물계절학의 공간적 및 종간 반응 연구를 통해 일본과 한국의 제비가 첫 도래하는 날은 일본에서 81개 지역 중 51개 지역에서 일찍 도래하였고, 한국에서는 73개 지역 중 56개 지역에서 늦게 도래하여 봄철 제비의 도래일은 지리적으로 다양하며, 대기 온도와는 관련성이 낮다 하였다. 국내 기상청에서도 1921년부터 현재까지 95곳에 이르는 기상관측소에서 계절관측 자료로써 제비 도래일을 관찰하고 있다. 이중 비교적 지속적으로 관찰되고 있는 10개 지점에서 1980년부터 최근까지의 도래경향을 분석한 결과, 연도별, 위도별로 뚜렷한 도래경향은 보이지 않았다(Figure 6). 이는 기상관측소가 번식지와는 관련성이 낮은 특정장소에 위치할 수 있고, 관측소마다 관찰자를 포함한 관찰방법의 차이가 발생할 수 있어 정확한 도래경향을 파악하기는 한계가 있을 것으로 보인다. 제비의 번식시기는 지역적 다양성이 여러 연구자들에 의해 관찰되고 있으며, 기후변화와 관련성이 있다고 알려져 있어 향후 도래경향에 대한 장기적인 모니터링은 필요하리라 판단된다.

제비는 서식범위에 따라 번식시기가 다양하다(Glutz von Blotzheim and Baure, 1985; Cramp, 1988; Brown and Brown, 1999). 산란은 보통 남쪽의 개체군에서는 2월 또는 3월에 시작하며, 북쪽의 개체군은 5월 하순에서 6월 초순에 시작한다(Turner, 2006). 국내에서 번식하는 제비의 첫 산란일은 4월 16일부터 5월 6일 사이로 보통 4월말에 산란하는 것으로 보고되어 본 연구결과와 유사하였다(최, 1998; 김, 2000; 김, 2012). 대부분의 번식개체군은 2차 번식까지 실시한 후 번식지에서 이주하는 것으로 확인되었는데, 본 연구의 번식지에서 비거일(8월 14~26일)도 김(2012)의 8월 16~20일과 큰 차이가 없었다. 따라서 제비는 국내 번식지에서

약 5개월 정도 머물고 월동지 및 중간기착지로 이주하는 것으로 보인다.

Table 2. Arrival dates from sources in the Korea

Year	Location	Latitude	Arrival dates	Temp. (°C)	Source
1997	Taeon, Chungnam	36°36′	Apr 10	8.0	Choi (1998)
1999	Haman, Gyeongnam	35°16′	Mar 16	9.4	Kim (2001)
2000	Masan, Gyeongnam	35°12′	Mar 20	8.5	Kim (2001)
2006	Hong-do (island), Jeonnam	34°41′	Mar 20	6.4	Migratory birds center
2007	Hongdo (island), Jeonnam	34°41′	Mar 04	9.8	Migratory birds center
2008	Docho-do (island), Jeonnam	34°42′	Mar 20	9.3	Han (2009)
2008	Junam reservoir, Gyeongnam	35°18′	Mar 29	9.2	Kim (2012)
2010	Hongdo (island), Jeonnam	34°41′	Mar 16	4.4	Migratory birds center
2011	Junam reservoir, Gyeongnam	35°18′	Mar 21	9.3	Kim (2012)
2012	Junam reservoir, Gyeongnam	35°18′	Mar 19	7.4	Kim (2012)
2012	Jeju island	33°30′	Mar 16	13.5	Kim (2012)
2012	Dalsung wetland, Gyeongnam	35°49′	Mar 29	13.3	Kim (2012)
2012	Gwangju Metropolitan City	35°9′	Apr 04	9.3	This study
2013	Gwangju Metropolitan City	35°9′	Mar 27	10.4	This study
2014	Gwangju Metropolitan City	35°9′	Mar 24	11.8	This study

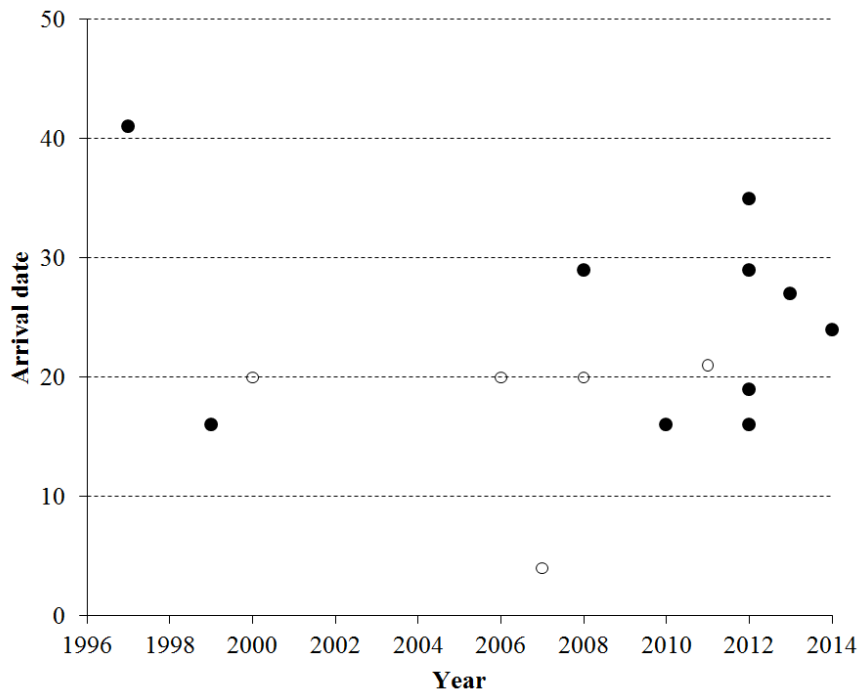


Figure 5. First arrival dates of the barn swallow in Korea, 1998-2014. (1= 1 March. Closed symbols: inland; open symbols: island).

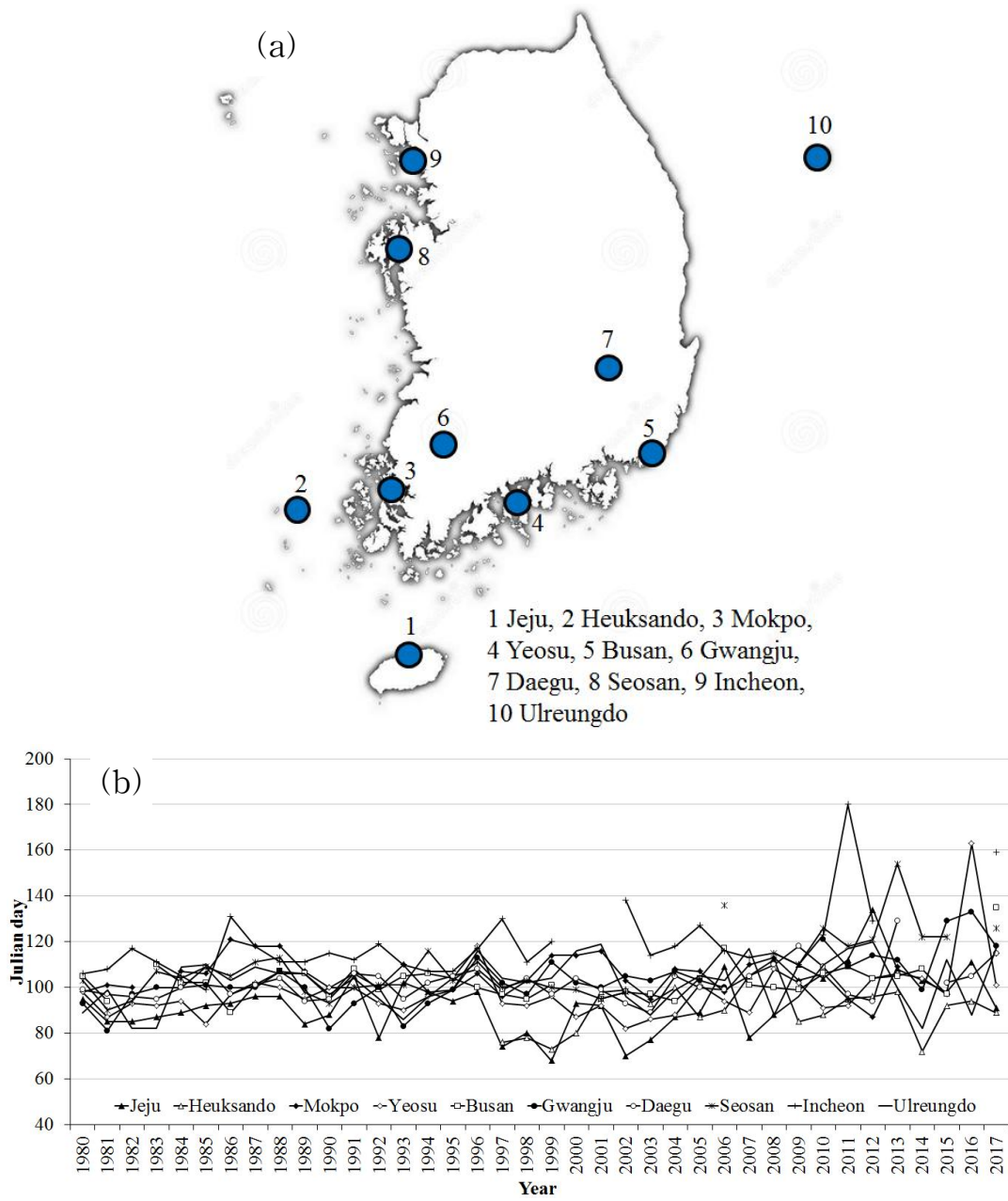


Figure 6. Map of the locations of the meteorological sites (a) and tendency of first arrival dates in those stations, 1980–2017.

2. 서식지 이용 및 잠재 먹이원

2.1 번식지 환경

2013년도에 조사지역의 번식 개체군은 덕흥마을 28쌍, 유덕마을 17쌍이었다. 제비의 번식지 주변 반경 700m 이내의 토지이용 특성을 파악한 결과, 덕흥마을은 농경지가 52.7%(0.81km²)로 가장 넓게 분포하였으며, 다음으로 하천 15.4%, 교통시설지 10.9%, 상업·공업·혼합·공동지역 10.0%, 주거지역 5.6% 순으로 나타났다 (Table 3, Figure 7). 또한 유덕마을은 상업·공업·혼합·공동지역이 29.0%로 가장 넓게 분포하고 농경지 27.0%, 교통시설지 17.4%, 주거지역 12.0%, 하천 9.6% 순으로 나타났다 (Table 3, Figure 8). 조사지역의 토지이용은 대체적으로 농경지의 분포가 넓게 나타났으며, 도시 근교지역인 특성상 상업·공업·혼합·공동지역 및 교통시설지의 비율도 높게 나타났다. 번식지 일대에는 영소지로 이용할 수 있는 주거지역(단독주거, 취락지역)은 대략 5.0~10.0% 비율을 차지하고, 포식활동을 할 수 있는 농경지가 약 27.0~52.7%, 하천은 약 10.0~15.0%로 분포하였다. 한편, 유덕마을은 덕흥마을보다 상대적으로 도심지와 인접하여 도시화에 따른 토지이용(공동주택, 교통시설지, 도시녹지 등)의 비율이 높게 나타났다.

Table 3. The analysis of land use distribution around breeding habitats

Division	Deokheung Vil.		Yudeok Vil.	
	Area (m ²)	%	Area (m ²)	%
Residential area				
- <i>Detached housing</i>	86,583	5.6	101,639	6.6
- <i>Co-housing (Apartment)</i>	-	-	83,125	5.4
Commercial · Industrial · Mixed · Public areas	153,876	10.0	445,725	29.0
Traffic areas	167,176	10.9	268,230	17.4
Urban green areas (Park, buffer greens)	-	-	52,155	3.4
Vacant land (Construction site, barren land)	11,507	0.7	22,994	1.5
Agricultural land				
- <i>Paddy and upland, orchard</i>	775,155	50.4	381,270	24.8
- <i>Vinyl house</i>	35,677	2.3	33,307	2.2
Forest (Natural and plantation)	20,844	1.4	-	-
River	237,681	15.4	147,241	9.6
Grassland	50,101	3.3	2,915	0.2
Total	1,538,600	100.0	1,538,600	100.0

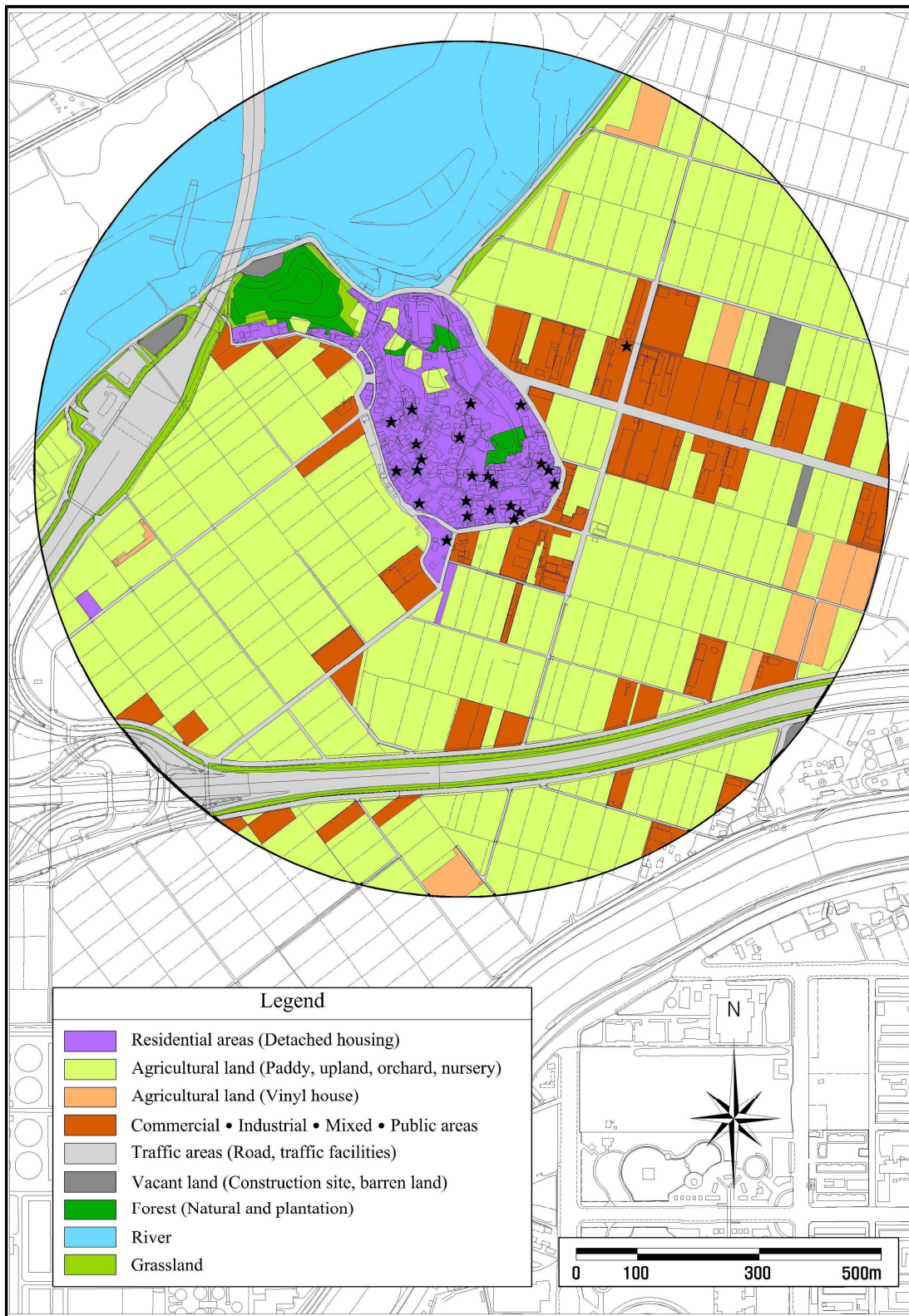


Figure 7. Map of land use in Deokheung village (Star: nests).

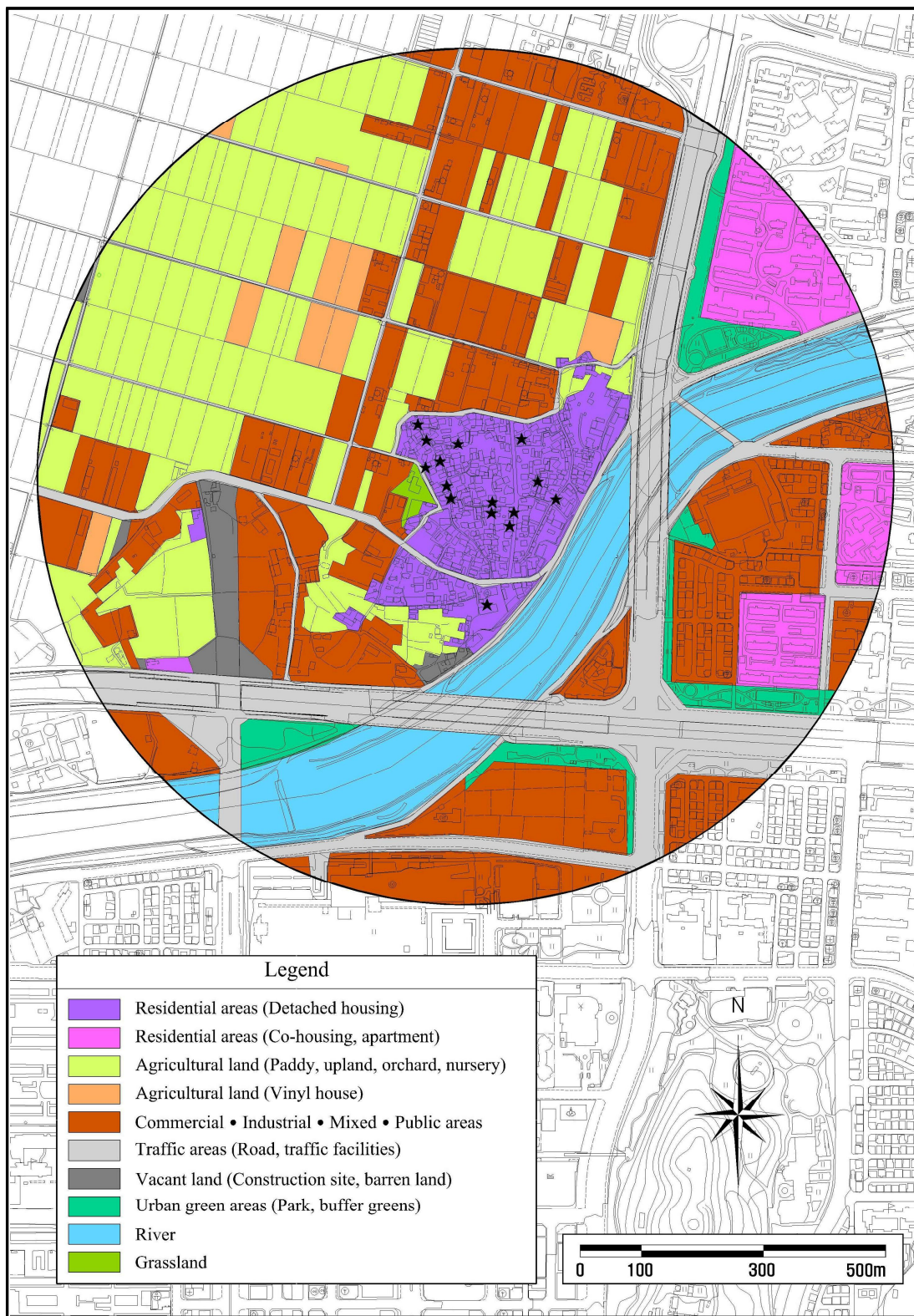


Figure 8. Map of land use in Yudeok village (Star: nests).

2.2 행동권

번식지별 전체 개체군을 대상으로 한 행동권은 덕흥마을 0.84km², 유덕마을 0.8 km²로 나타났다(Table 4). 행동권 내 토지이용을 보면, 농경지가 42.2~53.1%를 차지 하여 가장 많이 이용하였으며, 다음으로 상업·공업·혼합·공동지역이 12.5~21.8%, 주거지역 10.2~13.8%, 하천 8.0~9.5%을 이용하는 것으로 나타났다.

시간대별 행동권을 보면, 오전(08:00~10:00)에는 덕흥마을이 전체 행동권 면적의 89.8%인 0.76km², 유덕마을은 58.9%인 0.47km²이었고, 오후(15~17시)에는 덕흥마을이 전체 행동권 면적의 79.5%인 0.67km², 유덕마을은 91.4%인 0.73km²으로 분석되었다(Figure 9, Figure 10). 시간대별 행동권은 덕흥마을이 오전에 더 넓은 반면, 유덕마을은 오후에 넓은 것으로 나타나 시간대별 행동권 크기의 특이성은 나타나지 않았다. 또한 번식 개체군의 포식 비행거리는 덕흥마을에서 최소 241m에서 최대 521m, 유덕마을은 최소 68m에서 최대 636m로 조사되었다.

Table 4. The analysis of land use distribution in barn swallow home range

Division	Deokheung vil.		Yudeok vil.	
	Area (m ²)	%	Area (m ²)	%
Residential areas	85,605	10.2	110,205	13.8
Commercial · Industrial · Mixed · Public areas	105,469	12.5	174,458	21.8
Traffic areas	79,638	9.5	83,937	10.5
Urban green areas (Park, buffer greens)	-	-	13,757	1.7
Vacant land (Construction site, barren land)	5,634	0.7	12,993	1.6
Agricultural land	448,116	53.1	337,889	42.2
Forest (Natural and plantation)	20,844	2.5	-	-
River	80,129	9.5	64,117	8.0
Grassland	17,260	2.0	2,915	0.4
Total	842,695	100.0	800,271	100.0



Figure 9. Map of Home range around Deokheung village (Star: nests).

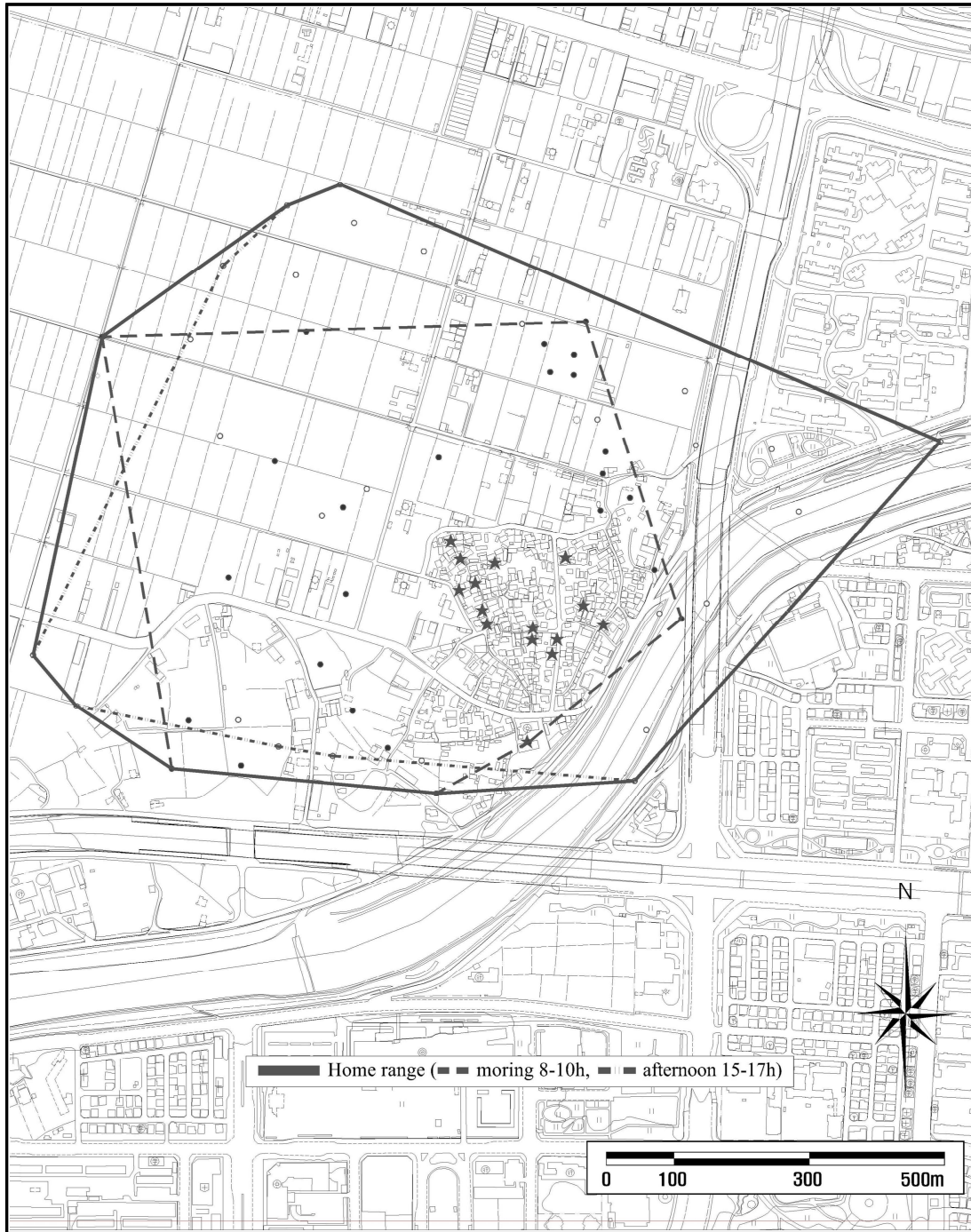


Figure 10. Map of Home range around Yudeok village (Star: nests).

2.3 잠재 먹이원

번식지 일대의 주요 5개 환경유형에서 채집된 잠재 먹이원은 대부분 곤충류(Insecta)였으며, 비곤충류인 거미류(Arachnida)도 채집되었다(Table 5, Figure 11). 채집된 곤충류 중에는 파리목(Diptera)이 48.3%로 가장 많았으며, 다음으로 벌목(Hymenoptera) 24.7%, 딱정벌레목(Coleoptera) 10.7%, 노린재목(Hemiptera) 3.0%, 나비목(Lepidoptera) 1.8%, 잠자리목(Odonata) 1.5%, 매미목(Homoptera) 0.7% 등 주로 비행성 곤충들이었다(Table 5). 채집된 종들은 파리목에서는 초파리류, 집파리, 검정볼기취파리, 나방파리류 등, 벌목 쌍살벌류(뱀허물쌍살벌), 노린재목 알락수염노린재, 투명잡초노린재, 점박이등글노린재, 매미목에서 꽃매미, 끝동매미충, 털매미, 딱정벌레목 무당벌레류(무당벌레, 칠성무당벌레, 애홍점박이무당벌레), 하늘소류, 잎벌레류, 비단벌레류, 바구미류, 잠자리목에서는 실잠자리류와 잠자리류가 확인되었다(Figure 12).

번식지 일대 전체 잠재 먹이원은 전체적으로 트랩 당 평균 264.0 ± 390.1 개체가 채집되었다. 환경유형별 잠재 먹이원 풍부도는 산림(730 ± 673.1 개체)에서 가장 많았고, 번식둥지 건물(83.3 ± 48.9 개체)에서 가장 적었다(Table 6). 잠재 먹이원 크기별로는 $\leq 4\text{mm}$ 에서 평균 211.6 ± 393.2 개체(80.2%)로 가장 많았다(Table 4). 먹이원의 $\leq 4\text{mm}$ 크기는 조사한 대부분의 환경 유형에서 높은 풍부도를 보였는데, 이는 초파리류(Drosophilidae sp.)를 포함한 파리류(Diptera), 개미류(Formicidae) 등 크기가 작은 곤충류가 많이 채집되었기 때문이다. 잠재 먹이원의 크기를 보면, $\leq 4\text{mm}$ 와 $> 8\text{mm}$ 크기는 산림에서($p < 0.01$), $\leq 4 \sim > 8\text{mm}$ 는 농경지에서($p < 0.05$) 각각 다른 환경 유형보다 유의하게 높은 풍부도를 보였다.

Table 5. Composition of potential preys

	Division	No. of items	(%)
Insecta	Diptera	709	48.3
	<i>common fly</i>	568	38.7
	<i>Culicidae, Tipulidae</i>	141	9.6
	Hymenoptera	363	24.7
	Coleoptera	157	10.7
	Hemiptera	43	3.0
	Lepidoptera	27	1.8
	Odonata	22	1.5
	Homoptera	11	0.7
	Others	38	2.6
Arachnida		97	6.6
Total (no. of items > 4mm)		1,467	100.0

Table 6. Abundance of potential preys by environmental types

Area	Size class						Total
	≤4mm		>4 ~ ≤8mm		>8mm		
	N	%	N	%	N	%	
Total (28 nests)	211.6±393.2 (16~1,575)	80.2	47.7±79.7 (1~365)	18.0	4.7±6.5 (0~27)	1.8	264.0±390.1 (20~1606)
Nest site (10 nests)	56.2±33.9 ^a (16~127)	67.5	25.5±24.4 ^a (1~74)	30.6	1.6±2.7 ^a (0~9)	1.9	83.3±48.9 (20~153)
Forest (6 nests)	702.0±676.3 ^b (46~1,575)	96.1	15.2±10.0 ^a (6~33)	2.1	13.0±8.0 ^b (3~27)	1.8	730.2±673.1 (88~1,660)
Farmland (7 nests)	93.3±57.7 ^a (30~180)	41.0	130.1±130.0 ^b (10~365)	57.2	4.0±5.1 ^a (1~14)	1.8	227.4±99.0 (83~396)
Grassland (3 nests)	98.7±65.5 ^a (29~159)	83.9	16.3±1.5 ^a (15~18)	13.9	2.7±3.8 ^a (0~7)	2.2	117.7±69.5 (44~182)
River (2 nests)	100.5±60.1 ^a (58~143)	86.6	14.5±9.2 ^a (8~21)	12.5	1.0±1.4 ^a (0~2)	0.9	116.0±70.7 (66~166)
<i>F</i> -value (p)	4.555**(0.007)		3.427*(0.024)		5.545**(0.003)		-

Note :

All results are reported as mean ± sd., N= number of potential preys. *p<0.05, **p<0.01.
Duncan: a<b



Nest site (building with nest)



Forest



Farmland



Grassland



River

Figure 11. Photographs of potential preys survey areas. (Two traps were removed from grassland and river, and 28 out of 30 were analyzed.)



Helicophagella melanura
검정볼기취파리



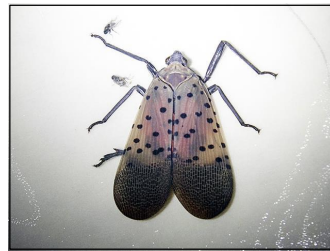
Musca domestica
집파리



Psychodidae
나방파리류



Platyleura kaempferi
털매미



Limois emelianovi
꽃매미



Nephrotettix cincticeps
끝동매미충



Agrilus chujoi
황녹색호리비단벌레



Maladera sp.
우단풍덩이류



Pterostichus sp.
먼지벌레류



Cerambycid
하늘소류



Harmonia axyridis
무당벌레



Parapolybia varia
뱀허물쌍살벌



Dolycoris baccarum
알락수염노린재



Liorhyssus hyalinus
투명잡초노린재



Callosobruchus chinensis
팔바구미

Figure 12. Photographs of insects collected by 'sticky yellow traps'.

2.4 고찰

제비는 다양한 서식지에서 번식하지만, 특히 먹이공급과 영소에 적합한 장소를 제공하는 농경지(farmland)와 밀접한 관련성이 있다(Turner, 2006). 제비는 진흙덩어리로 둥지를 짓기 때문에 근처에 진흙을 제공할 수 있는 습한 장소가 필요하다(Brown and Brown, 1999). 본 연구대상지인 덕흥마을과 유덕마을의 토지이용 유형을 살펴보면, 농경지가 약 25~50%로 가장 넓게 분포하였으며, 다음으로 상업·공업·혼합·공동지역이 약 10~29%, 교통시설지가 약 11~17%, 하천이 약 10~15%, 주거지역이 약 6~12%이었고, 산림은 1% 이하였다. 제비가 영소지인 주거지역을 제외한 포식 가능지역인 농경지(시설재배지 제외), 하천(강), 초지, 산림지역의 면적은 덕흥마을 70.5%, 유덕마을 34.6%로 나타났다. 한편, 영소지와 먹이터로 이용하기 힘든 공동주택(아파트)과 상업·공업·혼합·공동지역, 교통시설지, 시설재배지의 면적 비율은 유덕마을 54%, 덕흥마을 23.2%를 차지하였다. 조사지역인 번식지 일대는 농경지가 주로 분포하고 있지만, 특히 도심지와 인접한 유덕마을은 포식 가능한 면적이 상대적으로 적은 것으로 확인되었다. 산림벌채의 양은 제비의 수에 약간 긍정적인 영향을 미치지만 보통 산림은 선호하지 않는 서식지로 알려져 있으며(Kingery, 1998; Söderström and Pärt, 2000), 본 연구에서도 산림은 1.4% 이하로 나타나 선호하는 지역이 아닌 것으로 판단되었다. 도시 근교지역의 제비 번식지는 도심확장과 기존 한옥의 현대식화로 인해 점차적으로 서식지와 영소지 환경 변화가 발생할 수 있으며, 대기오염 증가와 개선된 위생시설로 인해 먹이원인 곤충도 변동되기 때문에(Munteanu 1998), 향후 장기 모니터링을 통해 서식환경과 개체군 변화 양상을 파악하여 동태를 파악하고 관리하는 일이 이루어져야 할 것이라 판단된다.

제비는 일반적으로 둥지근처에서 먹이활동을 하며, 한 쌍의 포식범위는 동일하거나 다른 번식 쌍들과 중첩된다. 제비가 포식범위를 결정하는 것은 먹이의 풍부도 보다는 둥지에서의 거리가 중요하며, 이는 포식비행 거리가 멀어질수록 에너지 소비가 크기 때문이다(Waugh, 1978; Evans *et al.*, 2007). 스코틀랜드에서 제비는 평균 170m 범위까지 포식활동을 하며, 최대 600m이었고(Møller, 1987), 이탈리아와 북미의 개체군은 보통 400m로 보고되고 있다(Snapp, 1976; Ambrosini *et al.*,

2002). 또한 스위스에서는 등지 근처 500m에서 대부분 포식하며, 그 범위는 8~9ha로 알려지고 있다(Grüebler and Naef-Daenzer, 2003). 미국 서부 버지니아에서는 등지에서 1.2km 이내에서 성조가 먹이활동을 하며 활동 범위는 450ha로 알려지고 있다(Brown and Brown, 1999). 본 연구의 포식 비행 거리는 덕흥마을에서 241~521m 범위, 유덕마을에서 68~636m 범위로 기존에 밝혀진 연구결과들과 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 그리고 행동권 면적(80~84.3ha)은 번식지 전체 개체군을 대상으로 하였기 때문에 유럽의 연구결과인 개체를 대상으로 한 포식범위보다 넓었으나, 미국의 개체군 포식범위보다 5배 정도 작은 것으로 확인되었다. 이러한 포식 비행 거리와 포식 범위는 조사대상의 차이를 제외하고도 지리적인 서식환경 및 먹이 가용성의 다양성에 따라 달라지는 것으로 판단된다. 제비는 좋지 않은 기후에 포식거리가 더 멀어지며, 스코틀랜드에서 20℃ 또는 그 이상에서 평균 148m, 16℃ 또는 그 이하에서 약 203m 내에서 포식한다고 하였다(Turner, 1982). 또한, 곤충의 유용성과 번식경과 단계에 따라 번식시기 동안 다양한 포식범위를 보이며, 먹이인 곤충의 풍부도는 온도, 비, 바람과 같은 기후에 큰 영향을 받으며(Taylor, 1963; Peng *et al.*, 1992), 이에 따라 제비의 포식 장소가 달라질 수 있다고 보고하고 있다. Loske(1992)는 4~5월과 9월에 수역, 6~7월에는 산림 임연부, 생울타리, 참나무림, 거름더미, 8월에는 공원, 잔디밭을 주로 이용하는데, 6월에 평균 812m에서 8월에 237m까지 포식범위가 변한다고 하였다. Turner(1980)는 영소 기간에 295m, 산란기에 312m, 포란기에 269m, 1차 번식의 급이 동안에 188m, 2차 번식의 급이 동안에 138m로 번식경과에 따라 평균 포식 거리의 감소하는데, 이는 제비가 등지로 자주 돌아와 알을 포란하거나 새끼에게 급이할 필요가 없는 경우에 더 멀리 이동하는 것이라 하였다. 본 연구는 1차 번식의 새끼 급이시기인 6월에 조사한 결과라 향후 번식경과 단계별로 행동권 크기를 조사하여 국내의 제비 서식지 관리범위를 파악할 필요가 있다고 생각한다. 행동권 내 토지이용은 농경지(42.2~53.2%)가 대부분을 차지하고, 하천은 10% 미만으로 나타나 농경지가 주요 포식 활동지역인 것으로 판단된다. 주요 먹이원인 곤충의 풍부도는 대형의 곤충의 증가로 인해 하루 중 오후 중반(15~16시)에 최고치에 이른다고 보고하고 있으며, 오전과 오후의 행동권 면적이 달라질 것으로 예상되었으나, 본 연구에서 시간대별 특이성은 확인되지 않았다. 그러나 행동권의 형태는 도심과 상대적으로 떨어진 덕흥마을이 주변에

농경지와 하천이 넓게 분포하여 오전과 오후 시간대별 큰 면적의 변화가 없는 분산된 원형의 행동권을 보인 반면, 도심과 인접한 유덕마을은 도심지와 교통시설지, 공동주택을 제외한 행동권을 보이는데, 오전에는 등지 근처에서 주로 포식하고, 오후에는 포식 가능한 환경유형을 중심으로 더 멀리까지 이동하는 것을 확인하였다. 본 연구는 번식지의 번식개체군을 조사한 결과로, 보다 상세한 개체나 개체군의 행동권을 파악하기 위해서는 무선 발신기를 이용한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

제비는 다양한 곤충을 포식하는데, 특히 딱정벌레목, 벌목, 파리목 곤충을 선호하며, 먹이원의 풍부도는 시기에 따라 매년 달라지며, 종류도 지리적으로 다양하다(Turner, 1980; Loske, 1992; Egger, 2000; Turner, 2006; Table 7). 본 연구의 여름 초반(6월 중순)에는 파리목이 가장 풍부하고, 다음으로 벌목, 딱정벌레목 순으로 많은 것으로 나타나, 이들은 제비의 1차 번식을 하는 동안 육추기의 주요 먹이원일 것이라 판단된다.

Table 7. Percentage composition of the diet of adult barn swallows in breeding and non-breeding seasons

Source	Location	% Coleoptera	% Hymenoptera	% Diptera
<i>Breeding season</i>				
This study, 2017	South Korea	10.7	24.7	48.3
Glowacki, 1977	Poland	14.4	78.0	1.9
Kostin, 1983	Crimea	39.8	42.8	12.8
Turner, 1982	Scotland	26.1	1.0	69.1
<i>Non-breeding season</i>				
Waugh, 1978	Malawi	36.8	48.3	7.6
Kopij, 2000	South Africa	56.9	12.5	3.4
Waugh and Hails, 1983	Malaysia	6.0	82.0	8.0

번식기 동안 포식하는 먹이의 크기는 다양하며, Waugh(1978), Loske(1992)와 Egger(2000)는 일반적으로 진딧물(aphids), 등에류(march flies), 긴빨파리류(nematoceran flies, 모기와 깔따구 등)와 같은 작은 크기의 먹이는 여름 후반에 포식한다 하였고, Turner(1980)는 2차 번식이 1차 번식보다 더 큰 먹이를 먹는다고 하였다. 네덜란드에서 낙농장에 먹이 풍부도는 $\leq 4\text{mm}$ 에서 58개체, $>4 \sim \leq 8\text{mm}$ 에서 11개체, $>8\text{mm}$ 에서 1개체로 소형 곤충이 전체 먹이의 83%를 차지하였는데(Lubbe and de Snoo, 2007), 본 연구에서도 $\leq 4\text{mm}$ 에서 212개체, $>4 \sim \leq 8\text{mm}$ 에서 48개체, $>8\text{mm}$ 에서 5개체로 소형 곤충이 전체의 80%로 비율은 같았으나, 전체 풍부도는 본 연구에서 3.8배 많은 것으로 나타났다. 연구결과, 트랩에서 털매미와 잠자리류가 확인되었는데, 이들 종은 상대적으로 크기가 크거나 빠르기 때문에 잡기도 어렵고, 새끼에게 급이하기 어렵기 때문에 수익성 있는 먹이는 아닐 것으로 판단된다(Turner, 2006). 본 연구는 번식지 일대의 잠재 먹이원에 대한 결과로 일부 먹이원은 트랩에 잘 포획되지 않을 가능성이 있기 때문에 정확한 먹이원을 파악하기 위해서는 향후 영상녹화장치를 이용하여 새끼에게 급이하는 먹이를 분석할 필요가 있을 것으로 판단된다.

국내 주요 번식지인 농촌 환경은 인구의 감소 및 노령인구의 증가, 주택의 노후화, 경제기반의 취약 등으로 인해 지속적으로 쇠퇴하고 있다. 도심근교 번식지도 농경지 감소, 기존 한옥의 현대식화 등으로 인해 서식지가 감소하고 있어, 인간과 공존하면서 인가 근처에서 번식하는 제비 개체군의 감소는 불가피한 실정이다. 이 상에서 제시한 국내의 제비 개체군의 서식환경 및 행동권, 먹이원에 대한 결과들은 제비의 생태연구의 발전을 도모하고, 앞으로 제비 번식지의 보호 및 관리방안을 수립하는 데 필요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 번식생태

3.1 영소습성

3.1.1 등지 위치

제비는 모두 인공구조물에 등지를 짓는 것으로 조사되었다. 조사기간 중 발견된 번식등지는 총 78개로 제비는 영소지로 주택(89.7%)을 가장 선호하였으며, 그 외는 창고 7.7%, 마을회관 2.6%로 나타났다. 지붕 형태에 따른 건물유형은 벽돌집(53.8%)과 기와집(33.3%)의 이용 비율이 높았다. 등지 부착 위치는 벽면 37.2%, 처마 24.4%, 현관문 23.1%, 창문 11.5%, 대문 3.8% 순으로 나타났다. 또한 등지의 부착면 재질은 시멘트 44.9%, 목재 23.1%, 벽돌 21.8%, 전등 6.4% 순으로 나타났다(Table 8).

영소건물의 배치 및 주요 출입문 또는 창문을 기준으로 건물 방향을 구분한 결과, 남쪽 28.2%, 남동쪽 19.2%, 남서쪽 16.7%, 동쪽 12.8% 등으로 나타났는데, 남쪽이 다른 방향보다 유의하게 많았다($\chi^2 = 31.13$, $df = 7$, $p < 0.001$, Figure 13). 제비 등지의 방향은 남쪽이 21.8%, 서쪽이 15.4%, 북동쪽 및 남동쪽이 각각 12.8%, 남서쪽이 11.5%, 동쪽이 10.3%, 북쪽 및 북서쪽이 각각 7.7%로 나타났는데, 남쪽이 다른 방향보다 유의하게 많은 것으로 나타났다($\chi^2 = 89.5$, $df = 7$, $p < 0.001$, Figure 14).

번식등지가 있는 70개의 영소건물을 ‘closed’ (사면이 벽으로 되어 있음)와 ‘half-open’ (한쪽이 개방되어 있음)으로 구분하여 개방 유형을 조사한 결과, ‘half-open’ 62.9%, ‘closed’ 37.1%로 나타났다(Table 9).

Table 8. Nest site preferences of barn swallows

Variable	n	%
<i>Type of building</i>		
Residential house	70	89.7
Barn	6	7.7
Village hall	2	2.6
<i>Type of roof construction</i>		
Brick house	42	53.8
Tile-roofed house	26	33.3
Slate-roofed house	7	9.0
Sandwich panel house	3	3.8
<i>Type of attached sites</i>		
Wall	29	37.2
Eaves	19	24.4
Front door	18	23.1
Window	9	11.5
Gate	9	3.8
<i>Type of attached surface material</i>		
Cement	35	44.9
Lumber	18	23.1
Brick	17	21.8
Lighting	5	6.4
Etc. (hose, plastic)	3	3.9

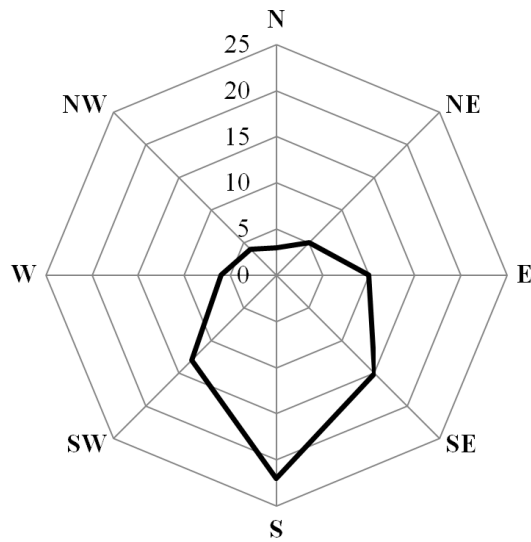


Figure 13. Direction of the building.

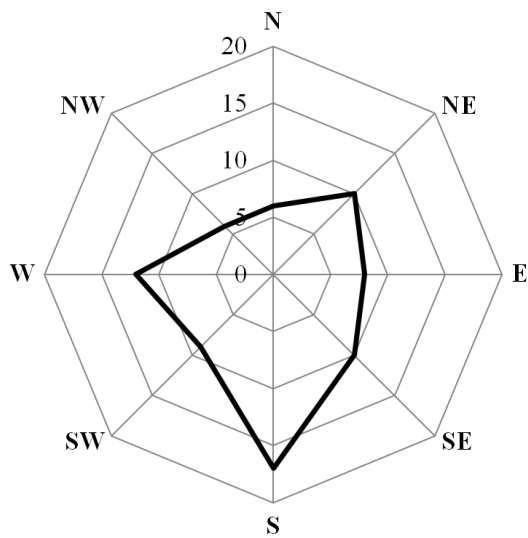


Figure 14. Direction of the nest.

Table 9. Preference type of building by the barn swallow

Type of building	Number of nests	Occupancy rate (%)
'closed' (four walls)	26	37.1
'half-open' (one side open)	44	62.9

3.1.2 둥지 구조 및 크기

번식에 이용된 34개 둥지의 크기를 측정한 결과, 평균 둥지의 외측 직경(A) 18.2±3.2cm, 깊이(B) 9.8±3.1cm, 둥지 내측 직경(C) 11.2±1.5cm, 내측 깊이(D) 3.4±0.5cm, 둥지 두께(E) 1.4±0.4cm, 둥지 폭(F)은 9.4±2.2cm이었다. 둥지와 천장간 거리(G)는 4.6±1.4cm, 둥지와 출입문/창문간 거리(H)는 45.0±53.5cm, 지면에서 둥지의 높이(I)는 2.9±0.3m로 나타났다(Table 10). 또한 둥지의 무게는 306±102.7g(n=30, 144~578g 범위)이었고(Table 11), 묵은둥지(318.2±110.1g)가 새둥지(289.4±92.4g)보다 약간 무거운 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(t= -0.75, df= 28, p= 0.46).

Table 10. Dimensions of barn swallow nests (n=34)

Variable	Mean	SD	Range
A. Nest diameter (cm)	18.2	3.2	10.3~25.0
C. Nest depth (cm)	9.8	3.1	3.3~16.9
B. Nest cup diameter (cm)	11.2	1.5	8.6~14.2
D. Nest cup depth (cm)	3.4	0.5	2.3~4.6
E. Thickness (cm)	1.4	0.4	0.5~2.1
F. Nest width (cm)	9.4	2.2	7.2~20.0
G. Nest - ceiling length (cm)	4.6	1.4	2.2~9.5
H. Nest - door/window distance (cm)	45.0	53.5	0~193
I. Nest - ground distance (m)	2.9	0.3	2.3~3.4

Table 11. Barn swallow nest weight

Variable	Nest weight (g)				t	df	p
	n	Mean	SD	Range			
Nest	New	12	289.4	92.4	-0.75	28	0.46
	Old	18	318.2	110.1			
Total	30	306.7	102.7	144~578			

3.1.3 둥지 이용률

번식기간 동안 이용한 둥지의 이용률을 보면, 묵은둥지는 36개(39.0%), 새둥지는 23개(61.0%)로 나타났다(Figure 15). 번식경과에 따른 이용현황을 보면, 첫 산란 이후 20일 동안은 묵은둥지의 이용률은 새둥지보다 약 4배 이상 높았으며, 이후에는 새둥지의 이용률이 묵은둥지와 같거나 다소 높은 경향이 있었다(Figure 16).

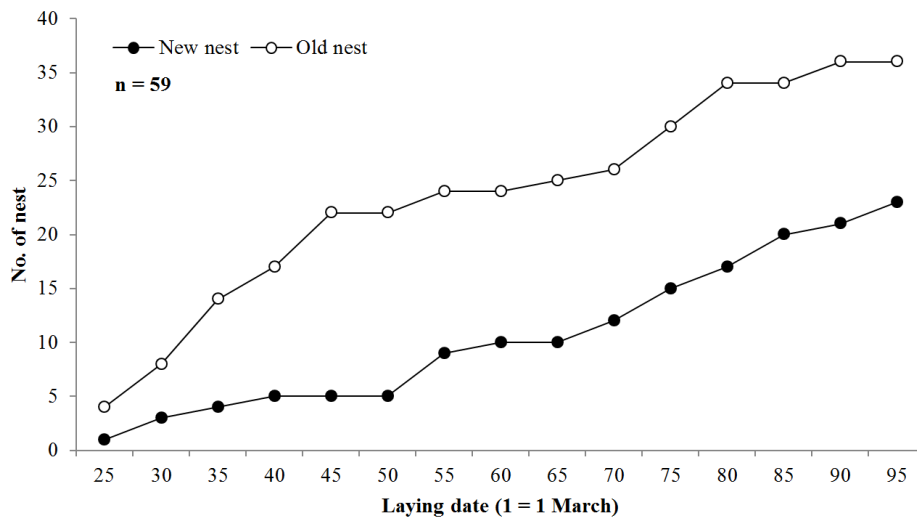


Figure 15. Number of nests during breeding season of barn swallow.

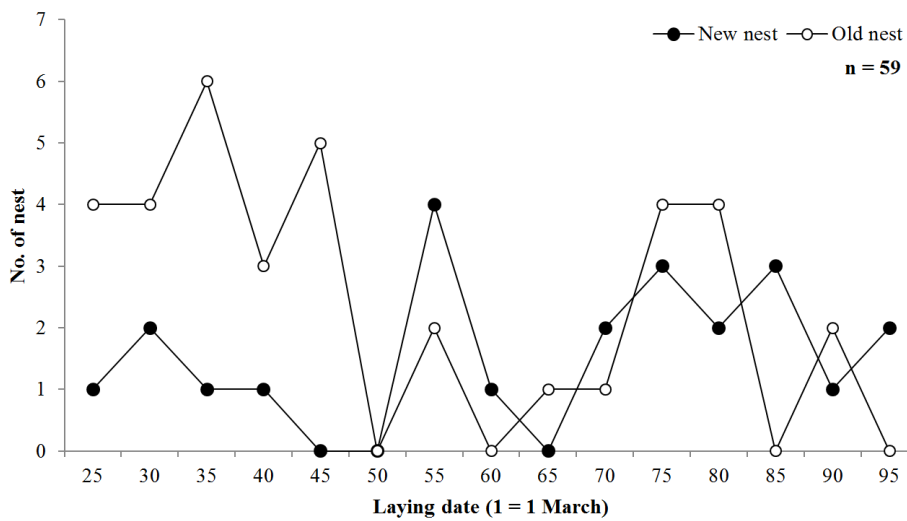


Figure 16. Number distribution of nests during breeding season.

3.1.4 영소 행동

제비는 보통 4월 중순에 둥지를 짓기 시작하였으며, 재료는 진흙과 마른 풀, 가는 나뭇가지로 수액을 섞어 밥그릇 모양으로 수직의 벽에 만드는 경우가 많지만, 평평한 곳이나 전등 위 등에 만드는 경우도 있었다. 둥지는 암·수 공동으로 만들며, 새로 둥지를 만들 때에는 약 8일 정도 걸려서 외부 모양새를 만들며, 알을 낳을 곳에는 깃털 등을 깔아 완성시켰다.

주간(8~18시)에 2개의 둥지를 조사한 결과, 둥지를 짓는 재료를 나르는 영소비행 빈도는 오전에 집중적으로 이루어지며, 늦은 오후로 갈수록 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 주간에 암·수의 평균 영소비행 빈도는 174.8 trips/nest였으며, 수컷 122.0 trips/nest, 암컷 52.8 trips/nest으로 수컷이 영소비행 빈도의 70% 정도를 차지하였다(Figure 17).

영소활동이 집중되는 오전(8~13시), 평균 영소비행 빈도는 시간당 14.2~31.0 trips/h 범위였으며, 성별로는 수컷 10.2~19.8 trips/h, 암컷 4.0~11.4 trips/h 으로 수컷의 영소활동이 더 활발하였다(Table 12). 영소비행 빈도는 대체적으로 무더운 정오보다는 이른 오전에 높은 경향을 보였으나 시간대별 및 성별 모두에서 유의한 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다($p>0.05$).

오전시간에 물고 온 둥지재료를 둥지에 붙이는데 걸리는 평균 영소 시간은 시간당 7.6~15.9 min/h 범위였고, 성별로는 수컷 4.8~8.1 min/h, 암컷 2.8~8.0 min/h 으로 조사되었다(Table 12). 영소 시간은 이른 오전에 많은 시간을 보내는 것으로 나타났으나, 영소비행 빈도와 마찬가지로 시간대별, 성별에서 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 1회 영소하는데 소요되는 시간은 암컷(40.0 ± 27.9 sec/trip)이 수컷(26.1 ± 15.5 sec/trip)보다 약 1.5배 정도 고도로 유의하게 많은 시간 투자하는 것으로 나타났다($t = -6.355$, $df = 295.7$, $p < 0.001$).

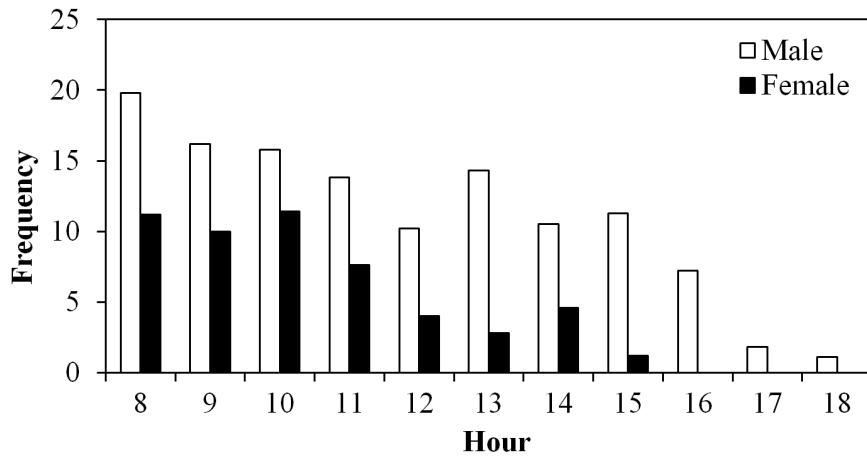


Figure 17. Parental nest-building frequency by sex during daytime (n=2).

Table 12. Parental nest-building frequency and time by sex during morning

Hour	Frequency				Time (min)				Total (n=5)	
	Male	Female	<i>U</i>	<i>p</i>	Male	Female	<i>U</i>	<i>p</i>	Frequency	Time (min)
8~9	19.8±6.1	11.2±7.2	4.0	0.095	8.1±1.5	7.4±3.8	8.0	0.421	31.0±12.6 (20~46)	15.5±5.0 (11.4~23.1)
9~10	12.0±5.7	10.0±6.3	10.5	0.690	5.5±3.3	6.6±2.8	10.0	0.690	22.0±8.1 (10~32)	12.1±4.9 (4.5~16.8)
10~11	15.8±11.7	11.4±7.2	9.5	0.548	7.9±2.8	8.0±3.9	11.0	0.841	27.2±18.1 (11~58)	15.9±5.9 (7.7~22.2)
11~12	13.8±5.2	7.6±4.7	4.0	0.095	6.8±1.7	5.9±4.3	11.0	0.841	21.4±6.8 (13~30)	12.7±4.3 (9.0~18.4)
12~13	10.2±4.1	4.0±5.2	4.0	0.095	4.8±1.2	2.8±4.8	5.0	0.151	14.2±7.5 (6~24)	7.6±5.4 (4.0~16.6)

3.1.4 고찰

국내에서 보고된 등지의 크기는 등지의 외측 직경 13.5~18.3cm, 등지 내측 직경 9.8cm, 내측 깊이 3.7~5.7cm, 등지 폭 9.5~10.1cm로 보고되고 있어(최, 1998; 김, 2000), 본 연구결과와 큰 차이를 보이지 않았으나 재사용된 목은등지도 포함되어 있어 약간의 변동 폭은 있는 것으로 판단된다. 국내에서 제비 등지의 방향은 방위에 관계없이 등지를 지으며 건물의 방향에 따라 등지의 방향도 달라진다 하였다(김, 2012). 그러나 본 연구에서 번식등지의 방향은 남쪽이 다른 방향보다 유의하게 많았는데, 이는 남향 건물의 높은 비율과 관련성이 있는 것으로의 판단된다. 제비는 등지 위치로 북쪽보다는 남쪽방향의 비율이 높게 나타났으며, 건물의 방향도 남쪽방향이 많았다. 제비가 사람 눈에 띄기 쉬운 곳에 등지를 짓는 것은 등지나 알, 새끼를 포식자로부터 지키기 위해 인간을 이용하기 때문으로 여겨진다. 인간의 출입이 많은 곳에서는 포식자가 가까이 오지 않기 때문에 제비는 인간 가까이에 등지를 지음으로써 스스로를 보호하려는 것이라고 판단된다.

제비가 이용하는 자연적인 등지 위치는 매우 드물고 대부분의 등지는 인간이 만든 구조물의 내·외부에 있다(Turner, 2006). Pikula and Beklová(1987)는 특정 높이의 천장, 기둥, 벽 등에 가까이 등지를 짓는다고 보고하였다. 본 연구지역에서 관찰된 등지는 인공 구조물인 주택, 창고, 마을회관 등에 부착되어 있었다. 한(2009)은 전남 신안군에서 주택, 창고, 상점, 마을회관, 회사건물, 학교, 비 이용건물에 등지를 짓는다고 보고한 바 있다. 본 연구를 통해서도 지상에서 평균 2.9m(2.3~3.4m 범위)의 높이에 등지를 지었는데, Møller(1985)의 2.0~5.0m와 유사하였으나, McGinn and Clark(1978)의 3.0 - 4.5m, Sakraoui *et al.*(2005)의 알제리에서 3.9m 높이 보다는 낮은 편이었다. 또한 크로아티아의 북서쪽에서는 평균 2.5m 높이에서 등지가 발견된다고 보고되어 본 연구 결과보다는 약간 낮았다(Dolenec, 2002). 스코틀랜드에서 189개 등지의 41%는 3~4.5m, 38%는 2~3m, 16%는 4.5m이상, 단지 5%는 2m 이하로 평균 3.3m로 짓는다고 보고되고 있다(McGinn and Clark, 1978). 이러한 등지 높이의 변이는 지리적으로 건축물의 형태와 높이가 다양하기 때문에 이와 연관되어 제비 등지의 높이도 약간씩 달라질 것으로 보인다. 보통 제비는 지상에서 평균 2~4m 높이의 건물에 등지를 짓는 것으로 나타났는데, 이러한 등지

위치는 지상 포식자와 악천후로부터 보호받을 수 있어 선호하는 것으로 보인다 (Turner, 2006). 한편, 본 연구지역인 도시근교지역의 경우는 지속적인 도심확장과 현대식 건물화로 인해 서식지 및 영소지 환경 변화가 급격하게 이루어지고 있어 향후 영소지 습성에 대한 장기 모니터링이 필요할 것으로 판단된다. 또한 번식지 일대의 번식 가능한 전체 건물을 주기적으로 조사함으로써 영소환경의 변화를 파악할 수 있으며, 번식 개체군 경향을 파악하는 데에도 도움이 될 것이라 판단된다.

제비 둥지는 보통 12~15년 정도 재이용하며, Radermacher(1989)는 최대 24년 이용한다 하였다. 스코틀랜드에서 둥지의 재이용은 1차 번식에 76%, 2차 번식에 21%, 1~2차의 번식기간에서 68%로 나타났다(Thompson, 1992). 유사하게 Loske(1994)는 85%의 번식쌍이 1차 번식과 2차 번식 동안에 같은 둥지를 이용한다고 보고하였다. 국내에서 보고된 둥지의 재이용은 51%(한, 2009)로 본 연구의 39% 보다는 높은 편이었다. 묵은둥지의 재이용은 새로운 둥지를 만드는데 필요한 노력과 천적에 대한 노출과 같은 번식비용이 감소할 수 있으나, 묵은둥지는 번식기간 동안에 부착면에서 떨어질 우려가 있고, 기생충에 감염될 가능성이 높기 때문에 항상 번식에 유리하지 않다고 보고한 바 있다(Safran, 2005, Møller *et al.*, 2001).

제비는 진흙과 건조, 짚(straw), 가축의 털 등 다양한 것을 혼합하여 open cup 모양으로 둥지를 만들며, 진흙의 750~1,400 pellets를 포함하고 있다(Glutz von Blotzheim and Bauer, 1985). 영소기간은 일반적으로 5~12일 걸리며, 날씨가 나쁘면 더 늦어질 수 있고, 최소 3일 또는 길게는 17일이 걸릴 수 있다(Thompson, 1992; Brown and Brown, 1999). 국내에서도 최(1998)는 7~10일 정도면 둥지가 완성된다 하였다. 연구 결과, 제비는 인간과 가까운 주택에 대부분 영소하였으며, 영소활동은 암·수가 공동으로 하고 약 8일 정도 걸려 둥지를 완성시키는 것으로 조사되어 기존 연구결과와 유사하였다. 영소활동은 오전에 집중적으로 이루어지고 오후로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 이는 너무 습한 진흙이 둥지 형태를 변형시킬 수 있거나 무게를 견디지 못해 아래로 추락할 수 있어 일몰 전에 진흙이 건조되어야 하고, 야간에 보금자리로 들어가기 전에 최대한 포식을 해야 하기 때문이다 (Hansell, 2000).

스코틀랜드 지역에서는 영소활동을 하는데 하루에 2시간을 보내며, 시간당 평균 8.5 trips/h, 가장 활발할 때는 20~25 trips/h 으로 보고하였으며(Turner, 1980),

영소비행 빈도는 시간당 30 trips/h (5~42 trips/h)이었다(Møller, 1994). 국내에서는 둥지를 완성하기까지의 영소비행 빈도는 총 $1,375.5 \pm 25.16$ trips으로 보고된 바 있다(최, 1998). 연구결과, 영소활동이 집중적으로 이루어지는 오전시간 동안에 영소비행 빈도는 시간당 14.2~31.0 trips/h 범위였으며, 성별로는 수컷 10.2~19.8 trips/h, 암컷 4.0~11.4 trips/h 로 조사되어 시간당 영소비행 빈도는 기존 연구결과와 큰 차이가 없었다. 또한 둥지에 둥지재료를 붙이는데 걸리는 1회 영소 시간은 암컷(40.0 ± 27.9 sec/trip)이 수컷(26.1 ± 15.5 sec/trip)보다 1.5배 오래 걸리는 것으로 나타났는데, 이는 암컷이 상대적으로 둥지재료를 추가하고 진흙을 다지고, 보수하는 등 양육에 더 공헌하기 때문으로 판단된다. 1회 영소시간은 스코틀랜드(Turner, 1980)에서 보고된 약 2분보다는 매우 짧은 편이었다. 영소행동은 기후와 먹이공급에 영향을 받을 수 있고, 수컷과 암컷은 영소활동을 공동으로 하지만 번식 파트너로서 수컷의 질에 따라 성별 공헌은 달라지는 것으로 알려져 있다. 유럽에서 긴 꼬리를 가진 수컷(암컷에게 더 매력적임)은 상대적으로 암컷보다 영소활동을 적게 하는 반면, 짧은 꼬리의 수컷은 영소활동에 더 많이 공헌하는 것으로 나타났는데, 암컷은 긴 꼬리의 수컷과 짝짓기를 하여 더 큰 크기의 둥지를 짓고, 많은 한배 산란수를 수용하는 것으로 보고되고 있다(Møller, 1994; Soler *et al.*, 1998). 향후 영소행동 연구에서는 기후와 먹이생물 풍부도, 수컷의 질을 고려한 보다 상세한 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

3.2 알과 포란

3.2.1 알 크기

알의 크기는 장경 $18.23 \pm 0.73\text{mm}$, 단경 $13.11 \pm 0.25\text{mm}$, 부피 $1.60 \pm 0.11\text{cm}^3$, 알 형태지수 1.39 ± 0.05 , 무게 $1.69 \pm 0.15\text{g}$ 로 조사되었다(Table 13). 변이계수(CV)는 각 측정치 중 알 무게(범위 1.40~2.02g, CV= 8.99%)에서 변이가 가장 큰 것으로 나타났다. 알의 크기를 통계적으로 분석한 결과, 알의 장경과 단경 사이, 무게와 형태지수 사이에 유의한 상관관계는 없었으나($p > 0.05$), 알 형태지수와 알 부피는 유의한 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

Table 13. Egg traits of barn swallow (n=53)

Egg traits	Mean±SD	Range	CV (%)
Length (mm)	18.23 ± 0.73	16.70~19.71	3.98
Breadth (mm)	13.11 ± 0.25	12.54~13.65	1.92
Volume (cm ³)	1.60 ± 0.11	1.34~1.76	6.60
Egg shape Index	1.39 ± 0.05	1.27~1.50	3.47
Weight (g)	1.69 ± 0.15	1.40~2.02	8.99

Note :

SD: Standard Deviation, CV: coefficient of variation

3.2.2 한배 산란수, 포란기간

한배 산란수는 2~5개의 범위로 나타났으며, 평균 4.5 ± 0.7 개(n=59)이었다. 또한 한배 산란수는 생성둥지(번식기에 새로 지어진 둥지)가 4.5 ± 0.6 개(n=23), 묵은둥지(번식기 전에 지어진 둥지)가 4.6 ± 0.8 개(n=59)로 둥지이용 유형별로 유의한 차이는 없었다(t-test, $t = -0.41$, $p = 0.68$). 번식시기별로는 1차 번식에서 4.8 ± 0.6 개(n=33), 2차 번식에서 4.2 ± 0.7 개(n=26)로 유의한 차이는 없었다(t-test, $t = 3.53$, $p = 0.1$, Table 14). 한배 산란수는 산란일이 경과함에 따라 감소하였다($R^2 = 0.2081$, Figure 18).

포란기간은 평균 13.1 ± 1.0 일(n=56)로 최소 12일부터 최대 16일로 나타났다. 포란기간은 번식둥지별(생성둥지, 묵은둥지), 번식시기별(1차, 2차 번식), 한배 산란수 크기별(3~5개)로 각각 유의한 차이는 발견되지 않았다($p > 0.05$, Table 15).

Table 14. The clutch size of barn swallow

Variable	Clutch size				t - test	df	p
	n	Mean	SD	Range			
Nest	New	23	4.5	0.6	3~5	-0.41	57
	Old	36	4.6	0.8	2~5		
Brood	First	33	4.8	0.6	2~5	3.53	57
	Second	26	4.2	0.7	3~5		
Total		59	4.5	0.7	2~5		

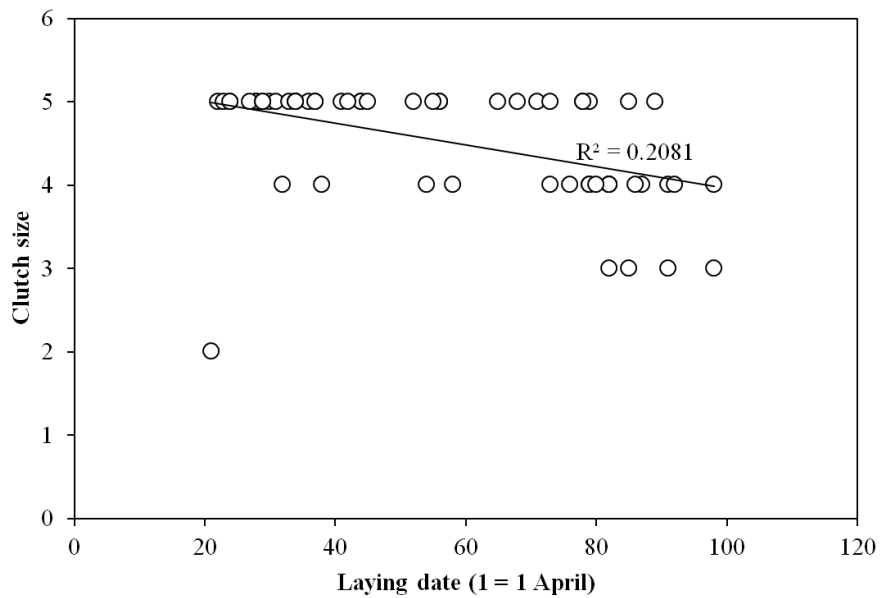


Figure 18. Clutch size in relation to laying date (-: Regression line).

Table 15. The incubation period of barn swallow

		Incubation period (days)				t / F	df	p
		n	Mean	SD	Range			
Nest	New nest	21	13.0	0.9	12~16	t= -0.35	54	0.73
	Old nest	35	13.1	1.0	12~16			
Brood	First	32	13.0	0.7	12~15	t= -0.87	54	0.39
	Second	24	13.3	1.3	12~16			
Clutch size	3	4	13.3	1.3	12~15	F= 1.57	2	0.22
	4	15	13.5	1.5	12~16			
	5	37	12.9	0.6	12~15			
Total		56	13.1	1.0	12~16	-	-	-

3.2.3 포란 행동

포란은 암컷이 전담하는 것으로 관찰되었으며, 수컷은 포란기간 동안 암컷에게 먹이를 공급해주거나 둥지 근처에서 휴식을 취했으며, 암컷의 부재 시에는 둥지가장자리에서 앉아 알과 둥지를 확인하는 행동만 하였다.

포란시간은 시간대별로 포란을 시작하는 시간을 기준으로 종료 시간을 분석하였는데, 암컷의 오전 시간대 포란은 아침 6시부터 50.6 ± 17.5 min/h 으로 시간당 약 84%를 포란하는데 소비하였으며, 오전 7시에는 평균 24.5 min/h(40.8%)이며, 그 이후로는 평균 15.6 min/h(26.0%)로 나타났다. 주간에 암컷의 포란시간은 시간대별로 고도로 유의한 차이를 보였으며($F= 12.023$, $df= 11$, $p<0.001$), 오전 6시의 포란시간은 다른 시간대보다 매우 유의하게 오래 걸렸다($p<0.001$). 암컷의 포란시간은 시간대별 평균 기온과 유의한 음의 상관관계를 보였다($r= -0.617$, $p<0.05$, Figure 19).

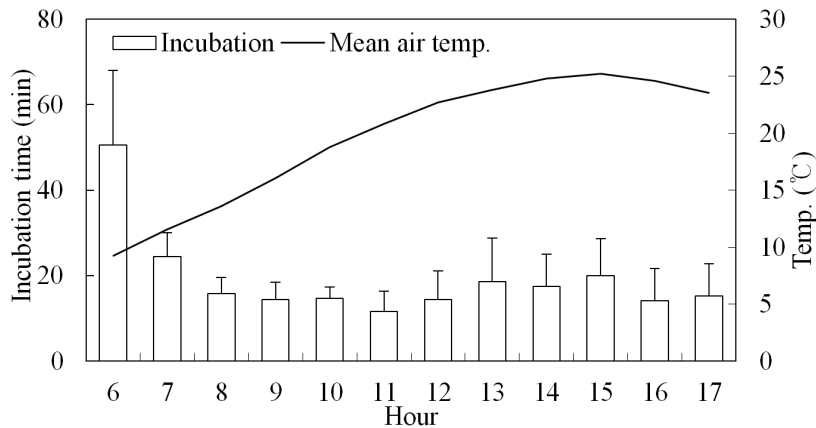


Figure 19. The relationship between incubation times and mean air temperatures (n=5).

3.2.4 고찰

연구를 통해 얻은 알 크기(장경 18.23mm, 단경 13.11mm, 무게 1.69g)는 Ward(1995)가 보고한 평균 장경 19.6mm, 단경 13.7mm, 무게 2.0g와 Cramp(1998)의 장경 19.7mm, 단경 13.6mm, Verheyen(1967)의 장경 20.2mm, 단경 13.7mm과 비교해 크기가 약간 작고 가벼운 편이었다. 국내에서는 김과 함(2001)의 평균 장경 16.6mm, 단경 12.2mm 보다는 약간 큰 편이었으나, 김(2012)의 평균 장경 16.1~19.15mm, 단경 11.3~13.35mm, 무게 1.64~2.03g와는 유사하였다. 조류에서 한배 산란수와 알 크기는 산란일(Hails, 1984), 암컷의 연령(Desrochers and Magrath, 1993), 연도별(Perrins, 1969), 산란 순서(Murphy, 1994), 먹이 유용성(Boekelheide and Ainley, 1989), 암컷의 건강상태(Horak *et al.*, 1995), 혈통(Noordwijk *et al.*, 1980), 최고 기온(Ward, 1995)과 기타 요인들에 의해 달라진다. 또한 Horak *et al.*(1995)은 알 단경보다 알 장경에서 크기의 변이가 많다고 하였다.

온대지역에서 제비의 한배 산란수는 일반적으로 3~6개이고, 때로는 최대 8개까지 보고되고 있다(Turner, 2006). 연구결과, 한배 산란수는 2~5개 범위로 평균 4.5개(1차 번식 4.8개, 2차 번식 4.2개)로 나타났는데, 국내에서 김과 함(2001)이 보고한 1차 번식에 4.7개, 2차 번식에 4.1개, 한(2009)의 1차 번식에 4.9개, 2차 번식에 4.1개, 최(1998)의 4.5개와 유사하였다. 또한 본 연구결과, 1차 번식의 한배 산란수가 2차 번식보다 많은 것도 번식시기가 늦어질수록 한배 산란수가 적어지는 일반

적인 경향을 따르는 것으로 보인다. 제비의 번식에서 이러한 계절적 한배 산란수의 감소는 명확하게 알려져 있지 않지만 번식 경험이 적은 어린 개체의 늦은 번식, 기생충 감염 등 여러 요인에 기인한 것으로 보인다(Møller, 1991; Turner, 2006).

유럽에서 암컷이 포란을 전담하고, 수컷은 단지 알에 앉아 있으며(Moreau and Moreau, 1939; Wellbourn, 1993), 러시아와 아시아의 여러 지역에서도 수컷은 보통 포란을 하지 않는다고 알려지고 있다(Wang, 1959; Komarov, 2000). 국내의 연구결과에서는 암컷이 항상 포란하고 하루 중 포란시간은 평균 15.5시간이며, 일몰 이후부터 일출 때까지 암컷은 동지를 벗어나지 않고 수컷은 동지 주위에서 경계한다고 하였다(김, 2012). 본 연구에서도 포란은 암컷이 전담하는 것으로 나타나 기존의 연구결과들과 유사하였다. 한편, 다소 한랭한 지역인 시베리아에서 수컷의 포란 비율이 12%이고(Marks, 1982), 북미의 교량과 같은 영소지에서 수컷의 포란 비율은 9%라고 보고되고 있는데(Smith and Montgomerie, 1992), 이는 부모 한 마리가 알을 품어 온도를 유지하기 힘들기 때문으로 기후 조건에 적응하는 생활사로 간주된다고 하였다.

유럽에서 포란은 주간의 약 60~80% 정도 실시하고, 9~12℃일 때는 시간당 평균 22분, 20~24℃일 때는 10분 정도 포란하였다(Turner, 2006). 본 연구에서 포란 비율은 이른 오전에 시간당 약 84%이며, 이후에는 약 26%로 감소하여 포란시간과 평균기온은 유의한 음의 상관관계를 보였다. 이러한 포란시간은 대기 온도에 크게 의존하는 것으로 보이며, 일출 후 기온이 낮을 때에는 포란에 상대적으로 많은 주의를 기울이고, 이후 기온이 증가함에 따라 포란시간은 감소하는 것으로 보인다(White and Kinney, 1974). 그러나 Jones(1987)는 암컷의 포란시간이 63%에서 나쁜 기후 동안에 9%로 감소하며, Yterberg(1986)는 비나 진눈깨비가 내리는 기온 3~9℃ 동안에 암컷은 단지 주간의 27~50%만 포란한다고 하였는데, 이는 혹한의 기후 환경에서 암컷은 체력손실을 피하기 위한 포식활동 증가로 포란시간이 감소하였기 때문이라고 하였다.

포란기간은 보통 평균적으로 13~15일(10~20일 범위)로 알려져 있다(Pikula and Beklová, 1987; Brown and Brown, 1999; Engstrand and Bryant, 2002). 국내에서 보고된 포란기간은 평균적으로 1차 번식에서 12~15.9일, 2차 번식에서 11.2일(최, 1998; 김, 2000; 김, 2012)로 본 연구결과와 유사하였다.

3.3 새끼와 육추

3.3.1 새끼의 성장률, 육추기간

부화 후 새끼의 체중은 약 1.4~2.0g이었으며, 눈은 떠 있지 않고 약간의 솜털(down)이 있으나 등과 날개, 머리는 벌거숭이 상태였다. 새끼는 부화 후 약 4~10일 사이에 급격히 성장하였으며, 12~14일에는 체중이 평균 18.2g(15.8~20.5g)으로 나타났다.

육추기간 중 새끼(n=40)의 성장을 2일 간격으로 측정한 결과, 부화 후 4일의 새끼는 두취장(Head-bill) 16.3±0.7mm, 부리(Bill) 3.1±0.3mm, 날개(Wing) 10.9±1.0mm, 부척(Tarsus) 7.3±0.7mm, 체중(Weight) 1.6±0.1g이었고, 이소하기 전(부화 후 18일)에는 두취장 27.9±0.6mm, 부리 6.4±0.3mm, 날개 78.0±2.5mm, 부척 11.5±0.2mm, 체중 16.6±1.5g이었다. 일일 성장률은 두취장 0.8±0.06mm/day, 부리 0.2±0.03mm/day, 날개 4.8±0.2mm/day, 부척 0.3±0.05mm/day, 체중 0.8±0.12g/day으로 나타났다(Figure 20).

육추기간은 평균 22.5±1.8(n=52)로 최소 18일부터 최대 30일로 나타났다. 한배에서 새끼는 보통 같은 날 이소하나 일부는 며칠 후에 이소하였다. 육추기간은 번식둥지별(생성둥지, 묵은둥지), 번식시기별(1차, 2차 번식), 한배 산란수 크기별(3~5개)로 각각 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(p>0.05, Table 16).

Table 16. The brooding period of barn swallow

		Brooding period (days)				t / F	df	p
		n	Mean	SD	Range			
Nest	New nest	20	22.6	2.2	20~30	t= 0.38	50	0.70
	Old nest	32	22.4	1.4	18~24			
Brood	First	30	22.4	1.1	20~24	t= -0.2	50	0.84
	Second	22	22.5	2.4	18~30			
Clutch size	3	4	22.0	2.7	18~24	F= 2.23	2	0.12
	4	13	21.7	1.7	18~24			
	5	35	22.8	1.6	20~30			
Total		52	22.5	1.8	18~30	-	-	-

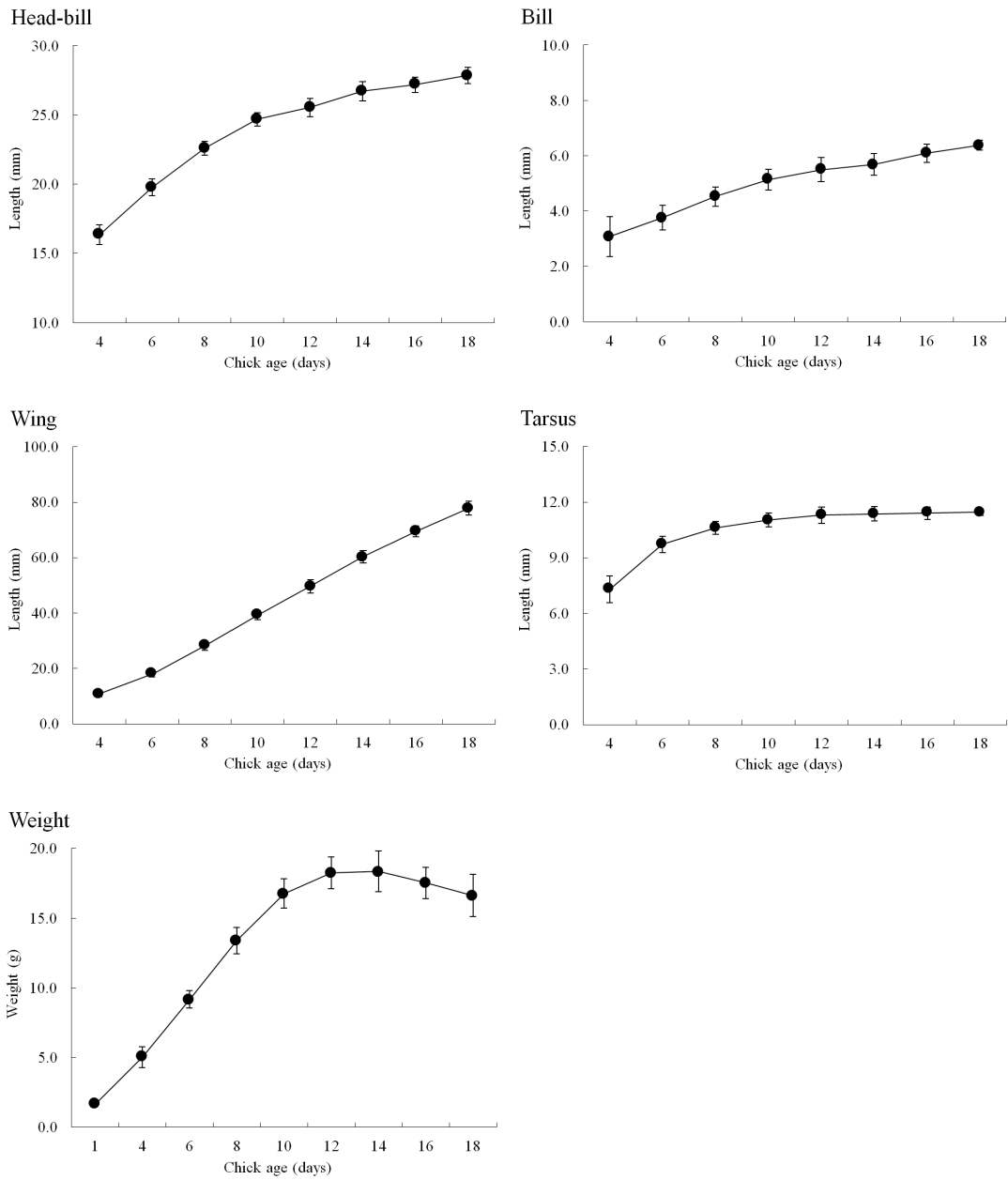


Figure 20. Scattered plots of head-bill, bill, primary wing, tarsus lengths and body weight of nestling. Points are means of 40 individuals. Vertical lines show the S.D..

3.3.2 급이 행동

새끼에게 먹이를 주는 급이행동은 암·수가 공동으로 수행하였다. 급이 빈도는 이른 오전인 6시부터 점점 증가하여 늦은 오전인 10시에 최고치를 보이다가 오후로 갈수록 감소하는 경향을 보였다(06시- male 11.8 trips/h, female 15.3 trips/h; 10시- male 31.8 trips/h, female 22.8 trips/h, 17시- male 8.4 trips/h, female 7.4 trips/h; Figure 21). 주간(06:00~18:00시)에 평균 급이 빈도는 총 385.2±66.9 trips/nest (312~456 trips/nest)였으며, 성별로는 수컷 219.2±37.1 trips/nest, 암컷 166.0±30.8 trips/nest 으로 조사되었다. 시간당 평균 급이 빈도는 총 32.1±12.3 trips/h이며, 성별로는 수컷 18.3±7.8 trips/h, 암컷 14.3±4.5 trips/h 으로 수컷의 급이활동이 더 활발하게 이루어지고 있었다. 시간당 급이 빈도는 성별로 10시($p<0.05$)와 15시($p<0.01$)에서 유의한 차이가 있었고, 그 외의 시간에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

먹이를 물고 온 부모가 둥지에 앉은 후 새끼에게 급이하고 날아가기까지의 급이 시간은 시간당 평균 4.3±2.6 min/h이었으며, 수컷 1.4±0.6 min/h, 암컷 3.0±2.3 min/h 으로 조사되었다(Figure 21). 성별 급이시간은 조사한 번식둥지별로 다양하여 시간대별로 유의한 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다($p>0.05$). 1회 급이하는데 걸리는 시간은 수컷 12.3±31.0 sec/trip (1~248 sec/trip), 암컷 40.9±83.3 sec/trip (1~749 sec/trip)로 암컷이 매우 유의하게 오랫동안 시간을 소모하는 것으로 나타났다($t = -7.223$, $df = 653.053$, $p < 0.001$).

주간에 새끼의 배변 빈도는 둥지당 평균 45.6±8.4 times/nest (36~57 times/nest)이었다. 부모의 급이 빈도와 새끼의 배변 빈도는 이른 오전 6시부터 증가하여 늦은 오전 10시에 최고치에 도달한 후 오후로 갈수록 감소하는 유의한 양의 상관관계를 보였다($r = 0.609$, $p < 0.05$, Figure 22). 한편 새끼의 배변 빈도는 급이 빈도와는 다르게 일몰 전인 17시에 증가하는 경향을 보였다. 부모의 부재시 새끼가 둥지 밖으로 배변하는 빈도는 평균 16.6 times/nest (10~23 times/nest)로 총 배변 빈도의 36%(23~48% 범위)를 차지하였다.

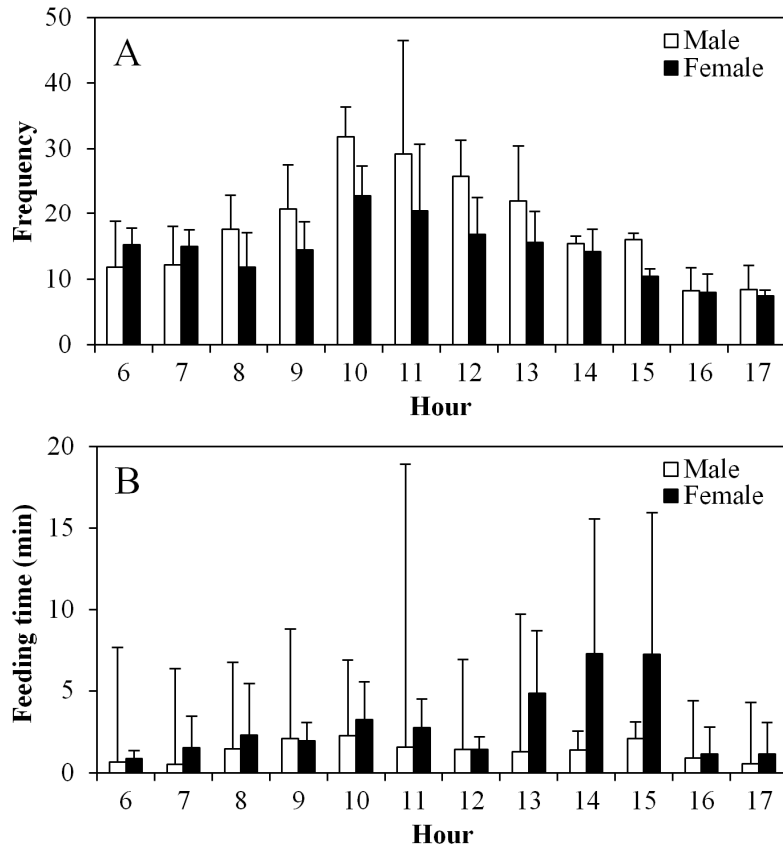


Figure 21. Parental feeding frequency (A) and time (B) by sex during daytime (n=5).

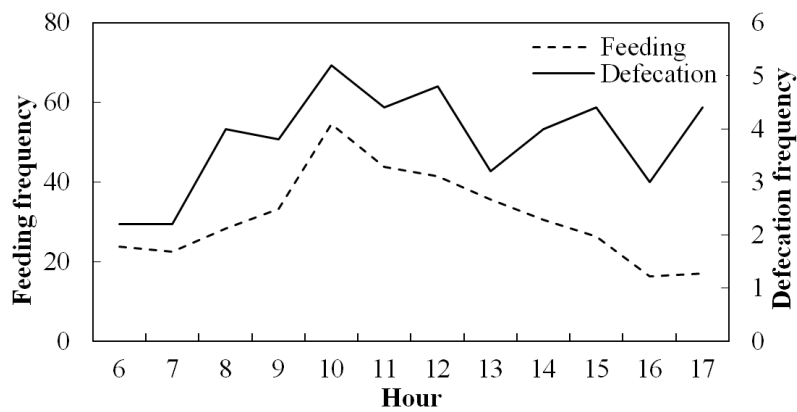


Figure 22. The relationship between defecation and feeding in nestling birds (n=5).

3.3.3 고찰

제비의 새끼는 부화 후 3~10일 사이에 가장 빠른 속도로 성장하며, 12~15일 사이에 체중은 평균 22~25g 으로 성조의 체중(16~22g)보다 높은 것으로 보고되고 있는데(Languy and Vansteenwegen, 1989; Millard *et al.*, 1990), 본 연구에서도 4~10일 사이에 급속하게 성장하였고, 12~14일에 체중은 최고점(15.8~20.5g)을 보였다. 제비는 체중이 최고점에 도달한 후 감소하는데, 이는 피부와 깃털과 같은 체조직 내 수분이 줄어들기 때문이다. 간(liver)을 포함한 대부분의 체조직의 건조중량 및 수분이 감소하는 반면, 가슴근육은 지속적으로 건조중량 및 수분이 증가한다(Ricklefs, 1968). 새끼가 부모보다 높은 체중을 보인 후 체중이 정체되는 경향은 곤충 식충성 및 해양성 조류에서 일반적으로 일어나는 유형이다. 이러한 종들의 새끼들은 이소 직후 효율적으로 비행을 해야 하기 때문에 비행 근육이 완전히 성장할 수 있도록 비교적 오랜 기간 동안 둥지에서 보낸다. 대조적으로, 지빠귀과(thrush)와 같은 지상에서 포식하는 종들은 비행 근육들이 잘 발달하지 못해서 이소 후 지속적으로 성장할 수 있다(O'Conner, 1984). 제비 새끼들은 이소 직전에 체중을 감소시킴으로써 power-to-weight 비율을 증가시켜 효율적으로 비행할 수 있도록 하는 것으로 보인다(Martins, 1997).

제비의 육추기간은 지리적 위치에 따라 약간의 차이가 있는데, 영국에서의 평균 육추기간은 21.0일이며(16~26일 범위; BTO Nest Record data, Crick *et al.*, 2003), 미국에서는 평균 20.7일(18~27일, Samuel, 1971), 스페인 남부에서는 21.2일(18~26일, de Lope Rebollo, 1983)로 보고되고 있다. 국내에서 보고된 육추기간은 20~24일(최, 1998)로 본 연구 결과와 비슷하였다. 일부 연구에서 육추기간이 14일 또는 15일의 짧은 기간이 보고되었으나 이는 둥지의 방해로 야기된 이른 이소이었다(Géroudet, 1961; Anthony and Ely, 1976).

제비의 일일 급이율은 보통 이른 오전에 낮고 늦은 오전에서 이른 오후에 최고치에 달하며, 밤에는 감소하는 경향을 보이거나(Turner, 1980), 현저한 일주 변이는 보이지 않는다(Møller, 1988). 본 연구에서도 급이 빈도는 이른 오전에부터 점점 증가하여 늦은 오전인 10시에 최고치를 보이다가 오후로 갈수록 감소하는 경향을 보여 기존 연구결과와 유사하였다. 전형적인 공중 포식자인 제비의 먹이공급활동은

곤충의 풍부도, 대기 온도, 풍속, 새끼의 구걸(begging) 정도와 관련이 있다(Bryant and Turner, 1982). 제비의 주요 먹이원인 꽃등에류(Syrphidae)와 집파리류(Muscidae)는 정오에 주로 비행을 하는데(Lewis and Taylor, 1965), 이러한 곤충의 활동성과 본 연구의 늦은 오전의 높은 굵이빈도는 일부 연관성이 있을 것으로 판단된다. Loske(1992)와 Turner(2006)도 늦은 오전에 가장 높은 굵이율을 보인다 하였다. 국내에서는 이른 오전(암컷 8시, 수컷 7시)에 최고치를 보인 후 10시에 최저치를 보이다가 18~19시에 증가한다 하여(김, 2012), 본 연구의 최대 굵이 시간보다 빠른 경향을 보였다. 한편, 일부 연구에서 늦은 오후(17~18시)에 굵이율이 약간 증가하였는데, 이는 진딧물류(aphid)의 활동성과 연관성이 있다고 한다(Zieliński and Wojciechowski, 1999). 또한 좋은 기후 조건에서 오후에 제비의 굵이활동이 낮아지는 것은 최대 굵이시간에 새끼가 쉽게 포만해질 수 있고, 새끼의 구걸이 심해지는 최대 시간까지 기다리기 때문이라고 하였다. 제비의 굵이행동에서 한배 새끼의 연령과 개체수는 일일 굵이량과 굵이율을 결정하는데 매우 중요한 요소이며, 새끼가 부화 후 8일까지는 굵이 빈도가 각 부모별로 다양하다(Turner, 2006). 스코틀랜드 한배의 새끼수가 5개인 둥지에서는 부화 후 1일에 시간당 평균 6회, 부화 후 6일에는 17회, 10일 이상에서는 29회 굵이하였으며, 굵이율은 육추기간 동안 중반까지는 증가하다가 이소 전까지는 감소하였다(Turner, 2006). 성별 굵이 빈도는 덴마크에서 수컷은 1차 및 2차 번식에서 평균 46% 공헌하며(Møller, 1994), 이탈리아에서는 암컷보다 10% 정도 적게 굵이하였다(Saino and Møller, 1995). 국내에서는 부화 후 6~8일 사이에 굵이 횟수가 급격히 증가하며, 시간당 굵이 빈도는 암컷 7.0±1.2 trips, 수컷 4.7±1.0 trips 로 보고한 바 있다(김, 2012). 본 연구 결과, 부화 후 8~13일의 한배 새끼가 5개체인 둥지에서 시간당 굵이 빈도는 총 32.1±12.3 trips/h(수컷 18.3±7.8 trips/h, 암컷 14.3±4.5 trips/h)로 보고된 국·내외 연구결과보다 굵이 빈도는 높은 편이었다. 그러나 국내의 제비의 굵이 빈도에 대해서는 연구된 자료가 거의 없어 일일 시간대 및 새끼의 연령에 따라 변화하는 굵이활동 자료를 얻기 위해서는 지속적이고 장기간 관찰한 후 자료를 얻는 것이 필요하다고 판단된다.

한편, 부모가 새끼에게 먹이를 주는데 걸리는 굵이 시간은 수컷 12.3±31.0 min/trip, 암컷 40.9±83.3 min/trip로 암컷이 고도로 유의하게 오래 걸렸는데, 이는 굵이행동시 수컷은 단순히 새끼에게 먹이만 전달하나 암컷은 새끼의 상태를 확인

하거나 새끼의 깃털을 다듬는 행동과 둥지를 확인, 보수하는 등 양육에 더 공헌하기 때문이라 생각된다. 또한 굶이 및 배변의 빈도는 이른 오전(6시) 부터 증가하여 늦은 오전(10시)에 최대치를 보이다가 오후로 갈수록 감소하는 유의한 양의 상관관계를 보였다. 새끼의 배변 빈도는 일몰 전에 약간 증가하는 경향을 보였는데, 이는 굶이율에 따라 새끼의 물질대사가 비례한다는 것을 대변하며, 일몰 전에 배변 빈도가 증가하는 것은 야간에 배설을 거의 하지 않기 때문에 사전에 배변활동을 하는 것으로 판단된다. 부모의 부재시 새끼의 배변 빈도는 총 배변 빈도의 36%를 차지하였는데, 출입구나 창문 근처에서 영소하는 제비의 습성상 둥지에서 낙하되어 축적된 배설물은 인간에게 심미적 또는 위생상 피해를 주어 영소를 방해받거나 둥지가 훼손될 가능성이 있기 때문에 앞으로 인간과 공존을 위한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

3.4 번식 성공

3.4.1 번식 성공률

부화 성공률은 산란된 총 267개의 알에서 238개의 알이 부화하여 89.1%이었고, 이소 성공률은 부화된 새끼 총 238개체 중 201개체가 이소하여 84.5%로 나타났다. 번식 성공률은 전체 산란된 알 267개 중 이소한 새끼는 201개체로 75.3%로 조사되었다. 번식둥지별로 살펴보면, 부화 성공률은 목은 둥지(90.9%)가 높았으나, 이소 성공률은 생성둥지(91.0%)가 상대적으로 높게 나타났다. 번식시기별로 보면, 1차 번식에서 부화 성공률 93.0%, 이소 성공률 85.0%로 2차 번식의 83.5%, 83.5%보다 높은 것으로 나타났다. 특히 부화 성공률에서 약 10% 정도 차이를 보였다. 한배 산란수 크기별(2~5개)로는 5개에서 상대적으로 높은 부화 성공률(94.1%)과 이소 성공률(85.6%)을 보였다. 둥지 성공률은 총 59개의 산란된 둥지 중 52개의 둥지에서 새끼가 이소하여 88.1%로 나타났다(Table 17). 한편, 번식 성공률은 산란일의 경과에 따라 지속적으로 감소하는 경향을 보였다($R^2 = 0.035$, Figure 23).

Table 17. Reproductive success of barn swallow

Variable		Eggs laid	Eggs hatched (%)	Young fledged (%)
Nest	New	103	89 (86.4%)	81 (91.0%)
	Old	164	149 (90.9%)	120 (80.5%)
Brood	First	158	147 (93.0%)	125 (85.0%)
	Second	109	91 (83.5%)	76 (83.5%)
Clutch size	2	2	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	3	12	11 (91.7%)	9 (81.8%)
	4	68	53 (77.9%)	43 (81.1%)
	5	185	174 (94.1%)	149 (85.6%)
Total		267	238 (89.1%)	201 (84.5%)

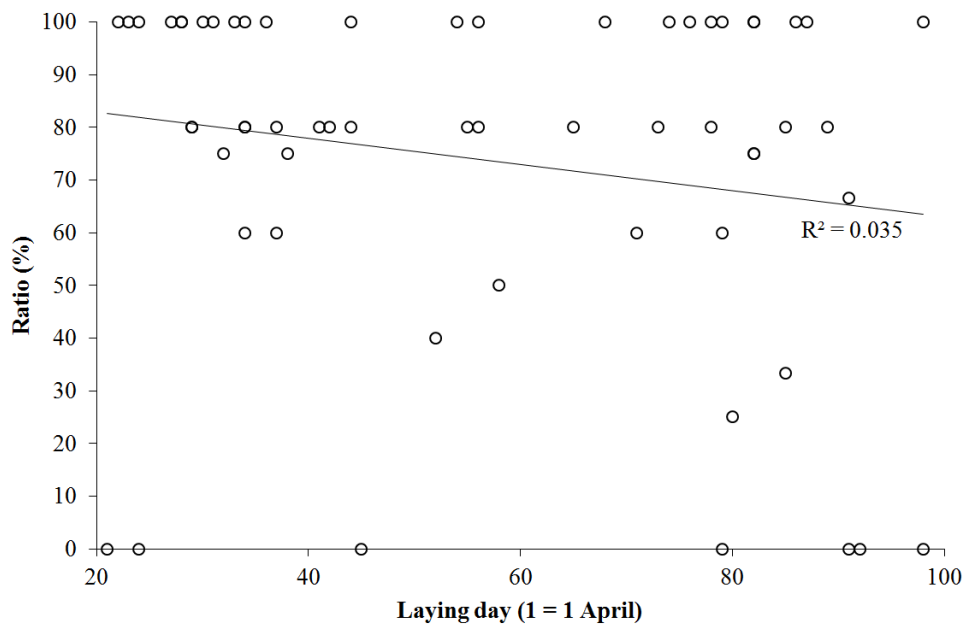


Figure 23. Breeding success in relation to laying date (-: Regression line).

3.4.2 번식 실패 요인

번식둥지 59개에서 발견된 267개 알 중에서 238개의 알이 부화하였는데, 부화되지 않은 29개 알은 각각 미부화(4.1%), 포식(3.0%), 둥지훼손(1.5%), 번식포기(1.1%)와 같은 요인으로 부화에 실패한 것으로 나타났고, 부화 실패율은 10.9%였다(Table 18). 그리고 부화된 238개체의 새끼 중에서 201개체가 이소하였는데, 이소에 실패한 요인은 참새와 까치의 포식에 의한 영향 및 번식포기와 기아(각각 3.8%), 영아살해 및 원인미상(각각 2.1%) 등으로 나타났으며, 이소 실패율은 15.5%였다(Table 18).

Table 18. Causes of eggs and hatchlings failures

Causes of failures	Egg failures		Hatchling failures	
	n	%	n	%
Unhatched	11	4.1		
Predation	8	3.0	9	3.8
Nest destruction	4	1.5		
Desertion	3	1.1	9	3.8
Starvation			9	3.8
Infanticide			5	2.1
Unknown	3	1.1	5	2.1
Total	29	10.9	37	15.5

3.4.3 고찰

제비는 다른 조류에 비해 높은 부화 성공률(90% 이상)과 이소 성공률(38~80%)을 보이는 것으로 알려져 있다(Turner, 2006). 연구결과, 부화 성공률은 89.1%(1차 번식 93.0%, 2차 번식 83.5%), 이소 성공률은 84.5%(1차 번식 85.0%, 2차 번식 83.5%)로 국내에서 보고된 김과 함(2001)의 부화 성공률(1차 번식 83.0%, 2차 번식 70.7%) 및 이소 성공률(1차 번식 76.9%, 2차 번식 65.5%) 보다는 높은 것으로 나타났으며, 김(2012)에 의한 부화 성공률 82.4~95.7%, 이소 성공률 76.2~97.8% 및 한(2009)의 부화 성공률 88.4%, 이소 성공률 83.7% 결과와는 유사하였다. 다른 연구결과들과 마찬가지로 본 연구에서도 까치와 참새 등의 포식에 의한 영향으로 산란한 알 중 3.0%, 부화한 새끼 중 3.8%가 피해를 당한 것으로 나타났다. 여러 연구결과에서 잠재적인 포식자로 뱀류, 설치류, 올빼미류, 박쥐류, 맹금류(황조롱이, 새호리기 등) 등이 보고되고 있으나(Turner, 2006; 한, 2009), 제비의 둥지 포식자를 정확하게 밝히기 위해서는 비디오 모니터링과 같은 연구방법을 이용한 조사가 필요할 것이라 판단된다.

4. 체외기생충

4.1 체외기생충 감염 정도

제비가 번식하는 등지에서 체외기생충 감염을 조사한 결과, Amblycera(등근팔털리아목) 등의 이(lice), 닭진드기(*Dermanyssus gallinae*), 비둘기진드기(*Argas reflexus*) 등의 진드기(mites)와 그 외에 거미류(깡충거미류 Salticidae), 모기류(Culicidae), 애수시렁이(*Attagenus unicolor*) 등의 해충들도 확인되었다. 조사된 등지는 이와 진드기의 감염비율이 매우 높았다(Figure 24). 그리고 체외기생충 감염 유무 및 감염수준은 생성등지와 묵은등지간, 1차 번식과 2차 번식간에 각각 유의한 차이는 없었으나($p>0.05$), 2차 번식이 1차 번식보다 감염수준이 약간 높은 경향을 보였다(Figure 25, Figure 26).

조사한 27개 등지 중 21개(약 78%)의 등지에서 체외기생충에 감염된 것으로 조사되었는데, 그 감염수준은 등지별로 다양하게 나타났으나, 100개체가 넘는 등지가 약 56%를 차지하였으며, 1,000개체 이상도 약 22%를 차지하는 것으로 나타났다(Table 19). 통계적으로 번식등지의 체외기생충 감염수준과 부화 성공률, 이소 성공률, 번식 성공률과는 상관관계는 없는 것으로 나타났다($p>0.05$).



Phthiraptera / Amblycera (이목/둥근팔털이아목)



Dermanyssus gallinae (닭진드기)



Argas reflexus 비둘기진드기



Attagenus japonicus
(larvae)
애수시렁이(유충)

Salticidae sp.
강충거미류

Culicidae sp.
모기류

Figure 24. Photographs of major ectoparasites collected in the swallows nests.

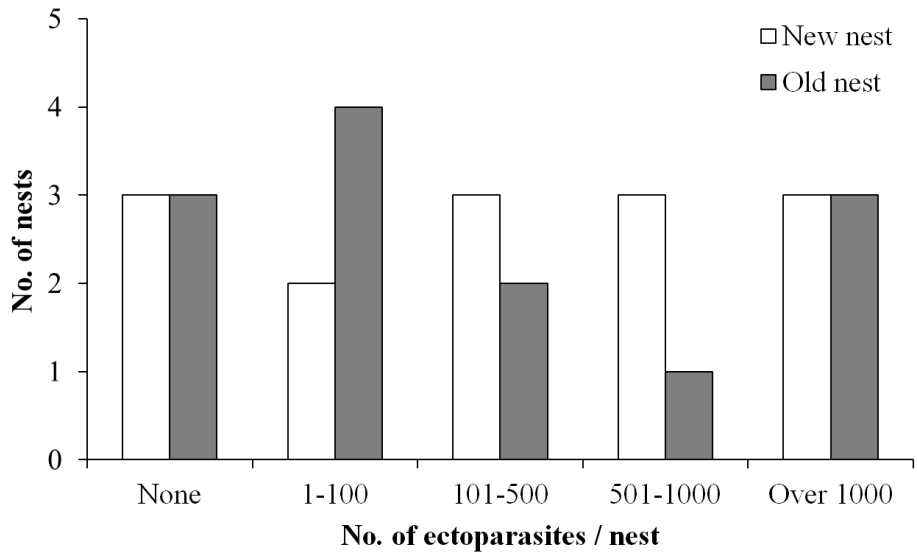


Figure 25. Analysis of ectoparasites infection between new and old nests.

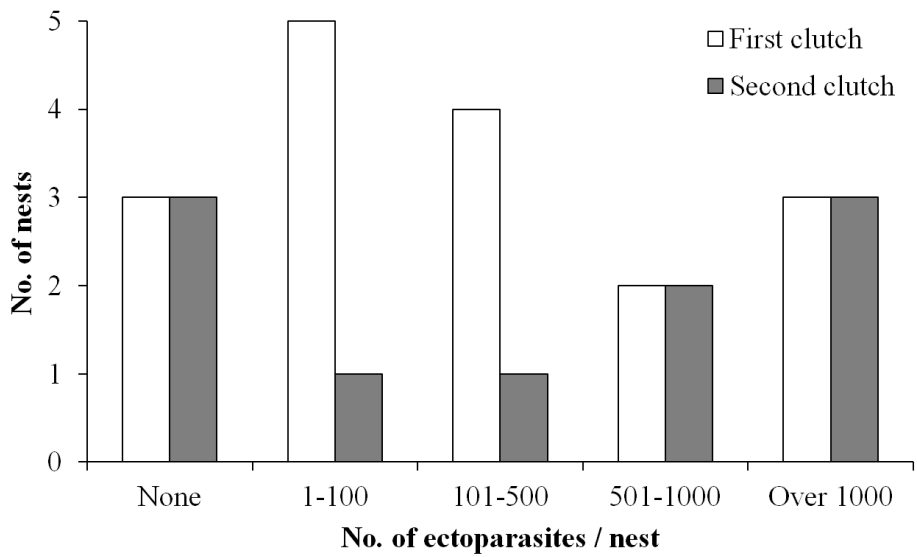


Figure 26. Analysis of ectoparasites infection between first and second brood.

Table 19. Clutch size and breeding success in relation to levels ectoparasite infestation

Number of ectoparasites/nest	n	Clutch size	Hatching success (%)	Fledgling success (%)	Breeding success (%)
None	6	4.2±1.0 (3~5)	91.1±14.4 (66.7~100.0)	75.0±41.8 (0.0~100.0)	68.9±42.5 (0.0~100.0)
1~100	6	4.3±0.5 (4~5)	88.3±20.4 (50.0~100.0)	88.3±12.9 (75.0~100.0)	77.5±20.4 (50.0~100.0)
101~500	5	5.0±0.0 (5)	96.0±8.9 (80.0~100.0)	84.0±26.1 (40.0~100.0)	80.0±24.5 (40.0~100.0)
501~1000	4	4.8±0.5 (4~5)	95.0±10.0 (80.0~100.0)	85.0±19.1 (60.0~100.0)	80.0±16.3 (60.0~100.0)
Over 1000	6	4.7±0.5 (4~5)	92.5±11.7 (75.0~100.0)	89.2±12.0 (75.0~100.0)	81.7±9.3 (75.0~100.0)

4.2 고찰

제비는 보통 번식이 이루어졌던 둥지에서 추가적인 번식을 시도하기도 하며, 다음 번식기에도 재사용 하기도 한다. 따라서 이러한 둥지들은 많은 체외기생충에 감염될 확률이 많다(Barclay, 1988; Møller *et al.*, 2001). 제비에서 진드기와 검정과 리류(blow flies)와 같은 체외기생충은 번식을 지연시켜 2차 번식의 시도를 감소시키며, 둥지 실패를 유발하여 번식 성공률을 낮게 하고(33% 이상), 새끼의 성장을 더디게 하며, 건강상태를 낮춰 이소 성공률을 감소시킨다(Shields and Crook, 1987; Barclay, 1988; Campbell *et al.*, 1997; Brown and Brown, 1999; Saino *et al.*, 1999; Saino *et al.*, 2002).

제비의 외부기생충 연구를 통해 가장 잘 알려진 체외기생충은 열대가금진드기(tropical fowl mite)로 조류의 혈액을 흡혈하여 여러 가지 해로운 영향을 미친다(Møller, 1990; 1991; 1993). 일부 진드기는 둥지에서 월동을 하는 데 이럴 경우 조

류들이 다시 돌아와 번식을 시작하면 빨리 개체수를 증가시킬 수 있어 일부 등지에서는 10,000개체 이상도 있을 수 있다(Turner, 2006). 진드기를 가지고 있는 제비 부모들이 등지 내 진드기의 주요 원천이며, 번식지에 도착한 부모들의 3분에 1이 진드기에 감염돼 있다 하였다(Møller, 1994).

체외기생충의 감염 유형과 감염수준은 시·공간적으로 다양하게 나타나는데, 일부 연구에서 진드기에 감염된 등지는 산란된 알의 53%가 이소하였고, 진드기가 없는 등지는 73%가 이소하였다는 보고도 있다(Møller, 1990). 1차 번식에서 한배 산란수가 큰 번식쌍은 2차 번식에서 더 많은 진드기에 노출되고(Møller, 1993; 1997), 한배 산란수가 큰 부모는 많은 수의 기생충에 노출될 가능성이 있다(Saino *et al.*, 2002). 또한 체외기생충은 2차 번식을 할 경우 한배 산란수에 영향을 미치는데, 기생충이 있는 1차 번식을 한 번식쌍의 2차 번식 한배 산란수(4.26 eggs)는 기생충이 없는 등지들(4.64 eggs)보다 적아지는 것이 확인된 바 있다(Møller, 1990; 1991). 번식 성공률은 진드기의 감염과 음의 상관관계가 있다는 보고도 있는데(Møller, 2002), Møller(1990)의 연구에서 1차 번식의 이소 성공률이 진드기 없는 등지가 90.1%, 진드기 있는 등지가 64.9%이며, 2차 번식에서는 각각 78.3%, 63.8%이었다. 대조적으로 기생충에 의한 새끼의 사망원인은 단지 4.4%이며(Møller *et al.*, 2001), 이파리류(louse flies)의 감염에 노출된 새끼는 거의 사망하지 않고 어떠한 영향도 미치지 않는다(Saino *et al.*, 1998). 본 연구결과에서는 이(lice)와 진드기의 감염비율이 높았으며, 체외기생충에 감염된 등지는 78%로 그중 1,000개체 이상의 등지도 22%로 나타났으나 체외기생충의 감염유무 및 감염수준에 따른 제비의 번식생태(등지이용, 한배 산란수, 번식 성공률 등)와의 어떠한 상관관계는 확인할 수 없었다. 결론적으로 체외기생충에 대해서는 자료는 미흡하여 향후 추가적인 연구를 통해 체외기생충이 번식생태에 미치는 영향을 상세하게 파악해 볼 필요가 있다고 판단된다.

5. 귀소성

5.1 귀소율

제비의 귀소현황은 덕흥마을과 유덕마을의 번식중인 둥지에서 부화 후 8~16 일 사이의 새끼를 포획하여 2012년 200개체, 2013년 189개체 총 389개체에 가락지를 부착하였다. 그러나 조사기간 중 포식당하거나 둥지에서 떨어져 사망한 개체(2012년 8개체, 2013년 6개체)가 관찰되어 이를 제외한 총 375개체의 새끼를 대상으로 2013년과 2014년 조사기간 동안 귀소현황을 분석하였다.

귀소현황을 조사한 결과, 2012년에 부착한 192개체 중 귀소가 확인된 개체는 2013년에 5개체로 귀소율은 2.6%이었으며, 2014년에 귀소한 개체는 관찰되지 않았다. 2013년에 부착한 183개체 중 2014년에 귀소가 확인된 것은 3개체로 귀소율은 1.6%로 조사되었다(Table 20). 또한 가락지를 부착한 번식둥지가 위치한 건물에 재도래한 개체는 없었다.

Table 20. Return rates of subadult barn swallows

	Year	No. of banded individuals	Year	No. of returned individuals (%)
Subadult	2012	192	2013	5 (2.6%)
			2014	0 (0.0%)
	2013	183	2014	3 (1.6%)



Figure 27. Return of banded barn swallow.

5.2 고찰

성조의 귀소율은 연도별 또는 지리적으로 다양하며, 북미에서 연구된 결과에서는 12~42%에 달하는 것으로 보고되었다(Brown and Brown, 1999). 그리고 귀소한 성조는 99% 이상이 번식했던 동일 번식지 및 번식둥지를 이용하는 경우가 많다(Møller, 1994; Brown and Brown, 1999; Turner, 2004; Safran, 2004; Turner, 2006). 스위스에서 777개체의 가락지를 부착한 제비 성조는 동일 번식지로 585개체(75%)가 귀소하였다(Maumary *et al.*, 2007). 스위스 Ticino 주에서 재포획율은 성조의 수컷이 44%, 암컷이 33%로 나타났으며(Hirschheydt *et al.*, 2006), 이탈리아의 Piedmont(Ferro and Boano, 1998) 및 Lombardy(Saino *et al.*, 1999) 지역에서도 유사한 비율이 기록되었다.

제비의 가락지 부착 연구에서 새끼와 유조보다 성조의 귀소 비율이 매우 높은 것으로 많이 보고되고 있는데, Mason(1953)은 가락지를 부착한 성조 381개체 중 34%가 귀소하였고, 새끼는 1,718개체 중 단지 2%만이 다음해에 돌아왔다 하였다. 제비의 1년생 새끼는 기존 출생지로 거의 돌아가지 않으며, 출생지에서 30km 이내에서 번식하는 경우는 거의 없다(Shields, 1984; Turner and Rose, 1989; Brown and Brown, 1999; Balbontín *et al.*, 2009). 가락지를 부착한 1년생 새끼의 대부분은 기존 출생지역 밖의 장소에 정착하기 때문에 새끼의 분산거리 및 생존율은 지역적 또는 지리적 가락지 연구를 통해서도 추정할 수 없다(Balbontín *et al.*, 2009a). 본 연구 결과에서도 1년생 새끼의 귀소율은 0~3% 사이로 매우 낮게 나타났으며, 국내의 제비 귀소성 연구에서도 1년생 새끼(45개체)의 귀소율은 0%이었다(김, 2000). 따라서 제비의 귀소율 및 이주 및 분산을 파악하기 위한 연구에서는 제비 성조와 1년생 새끼의 귀소성의 차이를 고려하여 진행되어야 할 것이라 판단된다.

6. 관리 방안

국내에 도래하여 번식하는 제비 개체군을 보호하기 위해서는 우선 국내 제비 분포 현황과 개체군 경향을 살펴볼 필요가 있다. 또한 국내에서의 서식지 요구조건 및 위협 및 제한요인을 파악한 후 보호관리 방안을 수립하는 것이 바람직하다.

6.1 제비 분포 및 개체군 경향

본 연구를 통해서 국내의 제비 전국 분포 및 개체군 경향을 파악하는 데에는 한계가 있어 문헌자료를 인용하였다. 국내의 제비 분포는 「전국 생태·자연도 고시」(환경부 고시 제 2007-67호)를 위해 수행된 제3차 전국자연환경조사(2006~2012년), 국내 개체군 경향은 야생동물 서식실태조사 및 관리·자원화 방안 연구(국립생물자원관, 2015)의 조사결과를 각각 참고하였다.

6.1.1 분포

제비는 북반구(유라시아대륙 중·남부, 아프리카 북부, 북미 중·남부)의 온대 지역에서 번식하고, 아프리카 남부, 인도, 동남아시아, 필리핀, 뉴기니, 남아메리카에서 월동한다(Turner, 2004; 박, 2014). 현재의 제비 번식 분포는 인간의 주거 분포와 밀접하게 연관되어 있다.

국내의 제비 분포는 2006년부터 2012년까지 전국을 총 824개 도엽으로 구분하여 연차별, 도엽별, 계절별로 조사한 제3차 전국자연환경조사 결과에 의하면, 일부 산간지역과 도심지역이 포함된 66개 도엽을 제외한 국내 전역에 널리 분포하는 것으로 확인되었다(Figure 28). 제비는 도심 중심부나 인간이 거주하기 힘든 고위도의 산림지역 등을 제외하고는 국내의 널리 서식하는 것으로 판단된다.

6.1.2 개체군 경향

제비는 전 세계적으로 약 1억 9천 개체 이상으로 추정되고 있다(Rich *et al.*, 2004). 세계자연보전연맹(IUCN, 2016)에 따르면, 국가별 인구 추정치는 한국에서

약 1,000개체의 이주 개체군과 약 10,000~1,000,000 번식쌍으로 전 세계 개체군의 약 5%정도를 차지하였다. 유럽에서는 29,000,000~48,700,000쌍, 중국에서는 약 1,000개체 이상의 이주 개체군과 약 10,000~1,000,000 번식쌍, 대만에서는 약 1,000개체 이상의 이주 개체군과 약 10,000~100,000 번식쌍, 일본에서는 약 50~1,000개체의 월동개체군, 약 1,000개체 이상의 이주 개체군, 약 10,000~1,000,000 번식쌍, 러시아(Brazil 2009)에서는 1,000~10,000개체의 이주 개체군과 약 10,000~100,000 번식쌍이 보고되고 있다. 또한 북미에는 33,000,000개체, 캐나다에서는 약 5,000,000개체의 번식이 보고되고 있다(Partners in Flight Science Committee, 2013).

유럽의 제비 개체군은 1970~1990년과 1990~2000년(BirdLife International, 2004) 동안에 중도 쇠퇴하는 경향이 보고되었지만 21개 유럽연합 국가의 가장 최근 데이터를 보면, 유럽 개체군은 안정되고 있고 1980년과 비슷한 수준으로 회복된 것으로 나타났다(European Bird Census Council, 2012). 북미 제비 개체군 대한 Breeding Bird Survey 자료에서 1996~2011년 동안 작지만 중요한 장기적 감소(연간 95% CI -1.4, -1.0)를 보였다(Butcher and Niven, 2007; Sauer *et al.*, 2012). 지난 10년간(2001~2011년) 북미 개체군은 캐나다 개체군의 지속적인 감소를 상쇄하는 미국 번식 범위의 일부에서 개체군 증가로 안정적이었다(0.0, 95% CI -0.4, +0.4, Sauer *et al.*, 2012).

국내의 제비 개체군 경향을 국립생물자원관의 자료를 통해 알아보면, 전국의 농경과 인가지대의 조사구에서 조사한 제비의 100ha 당 전국 평균 서식밀도는 2000년에 137.0개체에서 2015년에 23.9개체로 35% 정도 감소하였다(국립생물자원관, 2015; Figure 29). 그러나 2002년부터 최근의 서식밀도는 100ha 당 20~25개체로 큰 변동이 없이 안정을 이루는 것으로 나타났다.



Figure 28. Barn swallow recorded areas based on the 3rd National Ecosystem Survey (2006~2012).

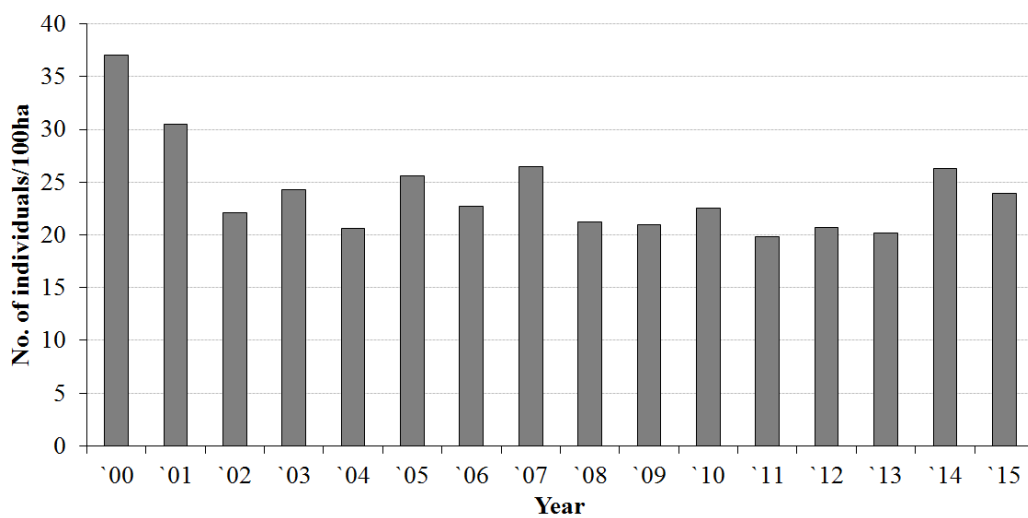


Figure 29. Density of barn swallows by year according to the NIER(2015) report.

6.2 서식지 요구조건

제비는 먹이터, 영소지와 야간 잠자리와 같은 서식지가 필요하다. 제비는 생활사 동안에 주요 먹이인 곤충의 안정적인 공급과 함께 적당한 먹이터에 매일 이동할 수 있어야 한다. 번식을 위해서 먹이터와 인접한 지역에 안정적인 영소지가 필요하다. 새끼의 이소 이후에는 야간에 휴식을 취할 안정적인 잠자리도 요구된다.

6.2.1 영소지 및 둥지

제비는 보통 건물, 창고와 같은 인간이 만든 구조물에 둥지를 짓는다(Turner, 2004). 동굴이나 암석 절벽과 같은 자연적인 둥지 사용은 매우 드물게 보고되고 있다(Erskine, 1979; Speich *et al.*, 1986; Brown and Brown, 1999). 국내에서 제비의 둥지는 주택을 가장 선호하고, 창고, 상점, 마을회관 등의 벽돌집과 기와집에 짓는 것으로 나타났다(한, 2009). 둥지는 보통 지상에서 2~5m 높이에 있으며, 일반적으로 수평 선반 위에 짓거나 수직 벽의 돌출되게 둥지를 부착시킨다(Turner, 2004; COSEWIC, 2011).

번식중인 제비는 둥지 가까이에 포식을 위한 안정적인 개방된 서식지에 접근할 수 있어야 하고, 둥지를 짓기 위한 진흙을 제공해 주는 논, 웅덩이, 하천 등으로도 접근할 수 있어야 한다(Peck and James, 1987; Brown and Brown, 1999).

대부분의 소형 참새목 조류와는 다르게 제비는 수년간 지속적으로 빈번하게 둥지를 재사용한다. 둥지 재사용에 대한 번식 성공률은 지리적, 시기적으로 다양한 것으로 보고되고 있으며, 생식 연령이 어린 암컷에게는 초기 번식지로서 중요하다(Safran, 2004; 2007).

6.2.2 먹이터

제비는 자연적 또는 인위적인 초지, 농경지 및 개방습지, 개방수면, 된 습지 및 수면, 도로변과 도시, 마을과 같은 광범위한 개방되거나 반 개방된 서식지에서 포식활동을 한다(Brown and Brown, 1999). 제비는 숲이 우거진 지역과 높은 산은 선호하지 않는다. 포식은 지면 또는 수면과 가까이에서 날아다니는 곤충이 많은 지

역에서 집중적으로 이루어진다. 곤충이 풍부한 지역은 계절마다 또는 심지어 매일 다양하다. 자주 이용하는 먹이터는 농경지와 목초지, 습지, 늪지, 연안습지가 포함된다(Samuel, 1971; Turner, 1980; Godfrey, 1986; Brown and Brown, 1999; Petit *et al.*, 1999; Evans *et al.*, 2007). 유럽에서 번식기 동안 목초지와 초지는 곤충이 풍부하고 등지와 인접해 있기 때문에 체비가 선호하는 먹이터이다(Møller, 2001; Ambrosini *et al.*, 2002; Evans *et al.*, 2007; Gruebler *et al.*, 2010). 캐나다의 Ontario 주에서의 먹이터는 농경지, 호숫가, 강기슭, 도로변, 벌목지, 공원, 도시와 농촌지역, 습지, 툰드라 같은 곳이 포함되나, 산림과 물이끼로 뒤덮인 소택지 지역은 번식지로 이용하지 않는다(Peck and James, 1987). 앞에서 언급한 바와 같이 국내의 체비 서식지도 농경지와 관련성이 있는 농촌 및 도시근교지역이며, 번식지와 인접하여 일부 하천과 초지대 등이 분포하고 있고, 산림은 선호하지 않은 것으로 나타났다.

체비의 포식범위는 유럽의 번식지에서 등지 근처 보통 500m이며, 대부분은 반경 200m 이내에서 포식 비행을 한다(Turner, 1980; Bryant and Turner 1982; Møller, 2001; Ambrosini *et al.*, 2002; Turner, 2006). 북미에서는 800m 이상에서는 포식하지 않는다 하였다(Samuel, 1971). 먹이인 곤충이 풍부한 시기에는 등지에서 더 멀리까지 포식 비행을 하는 것으로 보고되고 있다(Turner, 1980; Ghilain and Bélisle, 2008). 본 연구에서 체비 번식개체군의 포식 비행 거리는 영소지에서 반경 500~600m 정도로 조사되었다.

6.2.3 잠자리

번식기 이후 야간의 잠자리는 일반적으로 수계 또는 근처의 갈대밭이나 사탕수수밭, 기타 밀도가 높은 식생대이다(Turner, 2004; Winkler, 2006). 캐나다 지역에서는 번식 후 이주하는 동안의 잠자리는 보통 습지나 수계 인근의 관목림, 잡목림, 버드나무림이다(Bent, 1942). 국내의 번식 후 잠자리는 해안가나 도서지역의 습지, 갈대밭이나 농경지, 과수원으로 보고되고 있다(원, 1981; 최, 1998). 국내의 겨울철 서식지에 대한 보고된 정보는 거의 없지만, 조류 전문가 및 지역 탐조가 등에 의해서 제주도과 남부 지역에 일부 월동하는 소수 개체가 매우 드물게 관찰되었다.

6.3 위협 및 제한요인

6.3.1 번식지에서의 서식지 감소와 질적 저하

지난 수십 년간 제비 개체군이 감소한 주요 원인으로 채래식 목재 건물에서 안정적인 동지를 제공하지 못하고 접근하기 어려운 구조인 현대식 건물로의 교체가 언급되고 있다(Erskine, 1992; Campbell *et al.*, 1997; Brown and Brown 1999; Cadman *et al.*, 2007; Federation of Alberta Naturalists, 2007). 심지어 현대식 건물이 개방되어 있고 제비가 접근하기 쉬움에도 불구하고, Tate(1986)는 구식의 목재 축사보다 철재 지붕의 축사에서 열로 유발된 사망률이 훨씬 높다고 하였다.

인공적인 영소지의 증가가 실제로 국내의 번식 개체군을 제한하는 것은 불분명하다. 최근 보고된 자료에 의하면 현대식 건물에도 영소하는 비율도 점점 늘어나고 있다(한, 2009). 또한 국내에서 2002~2015년 동안 안정된 개체군 경향을 보인 것과 현대식 건물의 증가추세를 고려할 때 잘 일치하지는 않는다.

제비의 감소는 개방된 초지와 같은 농업 서식지 유형의 감소로 인해 먹이터가 손실되었기 때문이다(Cadman *et al.*, 2007). 유럽에서 수행된 많은 연구에서 가축 특히, 소를 이용한 농업활동과 제비의 대규모 번식지의 출현간에 상당한 연관성이 있다(Møller, 2001; Ambrosini *et al.*, 2002a, 2002b; Evans *et al.*, 2007). 현재 농림축산식품부의 집계에 의하면, 국내의 농경지는 2000년에 전 국토의 19.0%에서 2013년에 17.1%로 지속적으로 감소하고 있다. 이 등(2016)에 의하면 2008년에 비하여 2100년에는 논, 밭, 산림은 각각 8.3%, 6.7%, 1.7% 감소하며, 시가지는 28.2% 증가하는 것으로 예측되었다. 그러나 제비 개체군이 감소하는 지역에서도 먹이터의 면적이 증가할 수 있기 때문에 먹이터의 감소가 직접적으로 제비 개체군 감소를 의미하지는 않는다.

국내의 농업 환경에서 제비의 서식지에 악영향을 미칠 수 있는 요인은 다음과 같다.

- 가축의 감소와 가축을 이용한 농업의 쇠퇴
- 축산 농장의 위생 관리(분뇨 및 파리류 관리) 개선
- 농경지(목초지, 논, 밭 등)의 지속적인 감소 및 비 서식환경으로의 토지지목 변경

- 농약사용 방법 및 사용량 증가
- 유전자 변형 작물 재배 증가
- 번식지인 주거지역의 위생시설 개선

6.3.2 곤충 먹이원의 대규모 변화

비행성 곤충의 대규모 감소 또는 곤충의 계절적 생물 기후학과 공중에서 곤충을 포식하는 제비의 감소는 관련성이 있다(Nebel *et al.*, 2010). 또한 도심 중심부와 그 주변의 빛 공해, 기후변화, 습지의 손실 및 질적 저하, 산성비와 그에 따른 칼슘 고갈, 농경지의 토지지목 변경, 대규모의 살충제 사용, 최근 곤충 내성을 가진 줄뿌림 작물의 유전적 개발은 곤충의 풍부도에 영향을 미치는 많은 요인들 중 하나이다(McCracken, 2008; Nebel *et al.*, 2010).

6.3.3 기후변화

기후변화에 대한 제비의 번식 성공률에 대한 영향은 유럽과 북미 개체군 사이에 대조적인 결과를 보여주고 있다. 예를 들어, 유럽에서는 기후변화로 제비가 봄에 일찍 번식을 하여 번식 성공을 증가시킬 수 있다고 보고하였다(Møller, 2008). 다른 한편으로 기후변화는 북미에서 제비를 포함한 여러 공중 곤충 포식자에 영향을 미치는 중요한 제한요인으로 제시되어 왔다(Nebel *et al.*, 2010). 북미에서 일찍 번식을 하는 곤충 포식자는 이른 봄 번식기 동안에 악천후로 곤충의 발생이 억제되어 사망 위험이 증가하고, 에너지 비용이 증가할 수 있다 하였다(Anthony and Ely, 1976; Newton, 1998; Brown and Brown, 1999). 이러한 기후변화와 관련된 가설을 증명하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하며, 특히 제비에서 어떻게 작용하고 있는지는 검증이 필요하다.

6.3.4 등지 위치에 대한 종간 경쟁

제비는 참새(*Passer montanus*)에 의해 종종 등지를 빼앗겨 이소 성공률이 감소될 수 있다(COSEWIC, 2011; Salvadori *et al.*, 2011). 또한 참새는 국내 전역에

많은 개체군이 넓게 분포하고 있고, 제비의 둥지 위치와 유사한 기와집과 같은 건물의 처마밑이나 기와밑 등에 흔히 번식하기 때문에 번식기간 동안 알과 새끼에게 위협요인이 될 가능성이 있다.

6.3.5 기생충

다른 명금류와는 달리 제비는 다른 조류에 의한 둥지기생(탁란)에 거의 노출되지 않는다(Brown and Brown, 1999). 그러나 제비의 새끼들은 빈번히 체외기생충인 진드기, 벼룩, 이, 검정파리류 등에 높은 비율로 노출되어 생산성이 제한될 수 있다. 영국 콜롬비아에서 새끼의 주요 사망원인은 기생 검정파리류의 유충의 둥지 감염으로 발생하였으며, 이로 인해 어린 새끼들이 둥지에서 떨어지거나 사망한 것으로 확인되었다(Campbell *et al.*, 1997).

제비는 보통 1년 또는 그 다음해에 둥지를 재사용하기 때문에 둥지는 체외기생충에 감염될 확률이 높다(Barclay, 1988; Møller *et al.*, 2001). 진드기와 기생파리 같은 체외기생충은 번식을 지연시키고, 2차 번식의 시도를 감소시키며, 둥지 실패를 야기하여 번식 성공률을 감소시킨다(33% 이상). 또한 새끼의 성장률을 늦추고, 부화한 새끼의 건강상태를 악화시키며, 이소 성공률을 감소시킨다(Shields and Crook, 1987; Barclay, 1988; Campbell *et al.*, 1997; Brown and Brown, 1999; Saino *et al.*, 1999; Saino *et al.*, 2002).

국내에서 제비를 포함한 야생조류의 기생충의 감염에 대한 연구 자료는 거의 없으나 기생충 감염 또는 심각성이 증가하고 있다고 보고 있다. 본 연구에서도 조사된 체외기생충은 이(lice), 진드기(mites)가 주로 조사되었고, 이들의 감염비율도 높았다. 그러나 본 연구를 통해 체외기생충 감염정도에 따른 번식 성공률과의 상관관계는 확인되지 않았다.

6.3.6 인간의 간섭, 방해

정량화되어 있지는 않지만, 제비 둥지 아래 축적된 배설물은 위생 및 심미적인 문제를 야기할 수 있기 때문에 알려지지 않게 많은 수의 둥지들은 의도적으로 제거되었을 것이다(Brown and Brown, 1999). 본 연구에서도 1차 번식의 육추기

주간시간에 둥지당 평균 17회 정도 새끼가 둥지 아래로 배설물을 배출하는 것으로 조사되었다. 또한 조사기간 동안에 영소건물 안과 밖의 신발장, 장독대, 마루, 자동차 등에도 배설물이 축적된 것이 관찰되었는데, 이는 영소건물 소유주에게 불쾌감을 줄 수 있을 것이라 생각된다(Figure 30). 그리고 둥지는 건축물이나 기타 구조물의 일상적인 보수활동을 하는 동안에 제거되거나 둥지 위치 변경을 강요받았을 수 있다(Brown and Brown, 1999). 특히 도시근교지역에서 최근에 건물의 현대화와 주거지의 위생시설 개선 등으로 인간의 간섭 및 방해는 증가한 것으로 판단되며, 이것은 제비 개체군 감소와 상관성이 있을 것으로 보인다.



Figure 30. Photographs of swallows droppings accumulated below the nests.

6.3.7 기타 위협 및 제한요인

국내의 번식지와 번식기 이후 동안에 발생하는 위협에 대해서는 잘 알려져 있지 않다. 잠재적으로 체비에 미치는 기타 위협은 번식 및 이주 동안에 발생하는 급격한 기후현상(태풍 등)과 수질오염 등으로 사망할 수 있을 것이다. 또 다른 위협은 고양이와 쥐, 매류, 올빼미류와 같은 포식자에 의한 등지포식이나 성조의 포식도 있다(Turner, 2006; COSEWIC, 2011; Salvadori *et al.*, 2011). 본 연구기간 동안에도 확인되지 않은 포식자로 인해 죽은 개체가 관찰되었다(Figure 31).



Figure 31. Photographs of barn swallows killed by predator.

6.4 관리 방안

6.4.1 법적 보호 및 상태

세계적으로 제비는 ‘Secure(안정)’으로 간주되고 있으며, IUCN 적색목록에서는 ‘least concern(관심대상종)’으로(BirdLife International, 2009) 취급하고 있고, 유럽에서는 ‘Depleted(감소)’로 분류하고 있다(Burfield and van Bommel, 2004). 미국에서는 멸종위기종에 속해 있지 않으며, ‘Secure(안정)’으로 간주된다. 캐나다에서는 6개 지방/지역에서 ‘Secure(안정)’으로 분류되며, 6개 지역에서는 ‘Sensitive(민감)’으로 분류되고 있다(Canadian Endangered Species Conservation Council, 2006).

국내에서 제비는 법정보호종(멸종위기 야생생물, 천연기념물)에 포함되지는 않지만, ‘야생생물 보호 및 관리에 관한 법률(법률 제13882호)’에 의해 보호받고 있으며, 허가없이 포획 또는 채취하거나 고사시킬 수 없고, 수출·수입·반출 또는 반입할 수 없도록 하고 있다. 한편 서울특별시는 ‘서울특별시자연환경보전조례’ 제15조(보호야생동·식물의 지정)와 서울시 부시장방침 제995 ‘서울시 보호야생동식물 관리계획’에 의해 서울지역에서 사라져가는 야생동·식물 중 학술적·생태적으로 보전 가치가 있는 종으로 제비를 지정하여 보호하고 있다.

6.4.2 서식지 보호, 소유권 및 보호인식에 대한 설문 조사

국내에서 대부분의 제비 번식지는 보호되지 않은 사유지에 위치하고 있다. 안정적인 서식지를 제공하는 국유지에서의 제비 서식상태에 대한 정보는 없는 상황이다. 그리고 국립공원, 도립공원, 군립공원, 습지보호지역 등과 같은 정부와 지방자치단체의 보호를 받고 있는 국유지에만 제비가 넓게 출현한다고 단정할 수 없다. 따라서 제비의 서식지 보호를 위해서는 사유지를 포함하는 관리방안 마련이 시급하게 요구된다.

본 연구에서 영소건물 소유주 53명을 대상으로 한 제비 인식 설문조사 결과, 자신의 건물에서 번식하는 것에 유의하게 매우 긍정적인(2.0 ± 1.1 sd) 태도를 보이는 것으로 나타났다($t = -0.64$, $df = 52$, $p < 0.05$, Figure 32). 둥지 위치에 대한 인식(3.0 ± 1.0 sd)은 긍정적(41.5%) 및 부정적인(45.3%) 태도를 함께 보였는데($p > 0.05$),

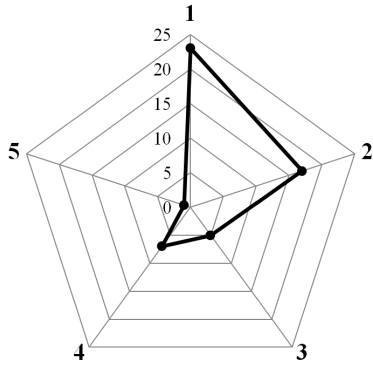
이는 제비가 출입구나 창문 근처에 둥지를 짓기 때문에 배설물 낙하로 인한 오염 피해나 위생 및 심미적 우려로 부정적인 인식도 많은 것으로 판단된다. 대부분의 건물 소유주들은 제비를 (유해)곤충을 잡아먹는 유익한 종으로 생각하였으며 (1.9 ± 0.9 sd, $t = -9.46$, $df = 52$, $p < 0.05$), 질병을 전파하는 잠재적인 매개체로서 위험은 중요하지 않다고 여겼다(4.5 ± 0.5 sd, $t = 19.6$, $df = 52$, $p < 0.05$). 본 연구지역의 건물 소유주들 제비를 적극 보호해야 되는 종으로 인식하는 것으로 나타났다(1.9 ± 0.9 sd, $t = -8.74$, $df = 52$, $p < 0.05$).

제비를 보호하기 위한 필요 조치에 대한 설문(총 53명 중 응답률 49.1%)에서는 ‘제비 둥지 및 배설물 받침대에 대한 요구’ 53.8%, ‘필요 없다’ 23.1%, ‘천적(고양이 등) 퇴치 활동’ 15.4%, ‘친환경 농법개발 및 도입’ 7.7% 로 조사되었다. 건물 소유주들은 ‘제비서식지(제비마을) 지정’, ‘관심유발을 위한 축제, 캐릭터 만들기(문패 등)’에 대한 의견은 없는 것으로 나타났다.

결과적으로, 영소건물의 소유자는 제비가 원하지 않는 곳에 둥지를 짓는 것이 중요한 문제가 아니며, 해충이 아니라 유익한 종이며, 보호해야 할 종이라 인식하는 것으로 볼 수 있었다. 일부 출입구나 창문에 둥지를 지어 배설물로 인한 심미적 및 위생상의 문제가 일부 있지만 제비 둥지 및 배설물 받침대 설치로 해결이 가능할 것으로 보인다.

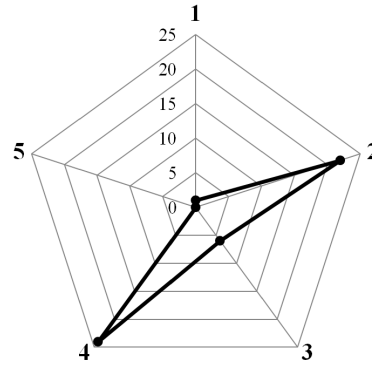
Question 1

How do you feel about the presence of Swallows on your farm?



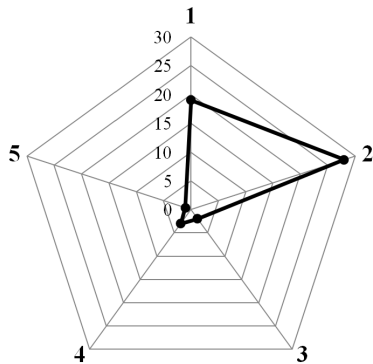
Question 2

Are the Swallows breeding in places where they are 'unwanted'?



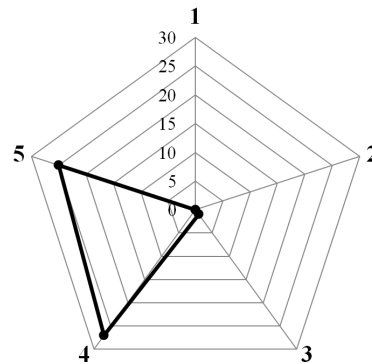
Question 3

Do you regard Swallows as a beneficial species (i.e. as insectivores)?



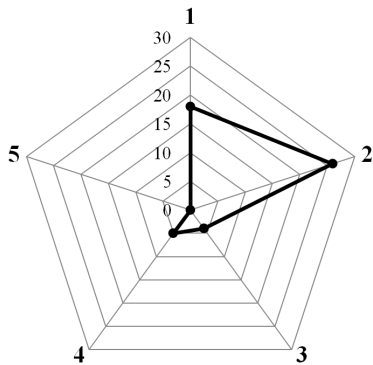
Question 4

Do you regard Swallows as a pest (i.e. as potential vectors of disease)?



Question 5

Do you think you should protect Swallows?



Villagers could respond on a scale from 1 to 5, with 1 indicating complete agreement/very positive and 5 complete disagreement/very negative

Figure 32. Barn swallow attitude survey results of villagers.

6.4.3 종 및 서식지 보호 방안

가. 모니터링 실시

제비는 특히 유럽과 아프리카, 북미에서 광범위하게 연구되어 왔지만, 국내에서 제비의 생태와 보전 요구 사항에 대해서는 잘 알려진 바 없다. 본 연구를 포함한 국내에서 수행된 제비에 대한 연구는 특정 지리적 범위 및 기간, 일부 주제에 제한되어져 있다. 그리고 제비의 종 및 서식지 보호와 관련하여 제비 개체군과 비행성 곤충간의 상관관계 연결성 부족과 국내 및 다른 국가에서의 현재 및 잠재적 위협의 범위와 심각성 같은 근본적인 불확실성을 포함하고 있다. 이러한 환경요인과 위협에 대한 불확실성은 제비 보호방법 및 목표달성 효과를 제한할 수 있다. 따라서 이러한 불확실성을 감소시키기 위해서는 국내의 제비 생물학, 서식지 요구 및 위협 등에 대한 구체적인 정보를 얻기 위한 모니터링이 필요하며, 다음과 같은 연구항목이 포함되어야 할 것이다.

1) 제비 개체군 모니터링

- 제비의 생산성
- 기존 번식지로의 귀소율(banding project)
- 연간 생활사 단계(번식기, 비번식기)에 따른 성조와 유조의 생존율

2) 서식지 요구 및 위협

가) 번식지

- 등지의 특성 및 위치
- 생성등지 및 묵은등지의 이용 현황
- 서식지 환경 분석
- 행동권 크기 및 이용 현황
- 먹이원 풍부도
- 영소습성 및 등지특성과 관련된 번식 성공률 분석
- 포식자, 등지의 종간 경쟁, 기생충, 묵은등지 제거 등이 생산성에 미치는 영향 분석

나) 번식기 이후 이주 서식지

- 이주기 동안 서식지 현황 및 환경유형 분석

- 이주 서식지의 먹이원 풍부도
- 이주 기간 동안 제비의 위협요인 및 심각성 분석

나. 서식지 관리 및 개선

국내에 도래, 번식하는 제비 개체군을 안정적으로 유지하기 위해서는 번식지와 먹이터, 번식 후 잠자리 등의 서식지에 대한 관리가 필수적이다. 국내의 제비 서식지는 대부분이 사유지에 해당되고 있다. 이는 건물 소유자의 소유권 변경, 경지 정리, 용도 변경 등으로 인해 서식환경이 크게 변하거나 소실될 가능성이 있으며, 이러한 이유로 현재까지 국내 번식지가 장기적인 서식지로서 보장할 수 없는 주요 원인이 되고 있다. 특히 제비가 번식하는 지역에 대한 서식지 관리 및 개선 방안이 필요할 것으로 보인다. 또한 제비 개체군이 대규모로 번식하고 있고, 지역주민의 보호의지가 높은 지역에 대해서는 법적 보호지역 설정 및 관련된 후속 조치가 따라야 할 것으로 생각된다. 그러나 우선적으로 재산권을 침해할 가능성이 있어 지역주민과의 협의가 바탕이 되어야 할 것이다. 또한 법적 보호지역으로 지정될 경우, 가옥의 보수와 신축 등에 규제가 생길 것으로 여겨질 수 있어 서식지 지정지역에 대한 규제완화의 방안을 구체적으로 정리할 필요가 있다. 이와 관련해서 문화재청에서 보고한 내용을 다음과 같이 요약할 수 있다(문화재청, 2009).

- 제비의 번식에 영향을 주지 않는 행위에 대해서는 민원처리 간소화(허가사항 신고사항으로 완화)
- 제비가 번식중인 가옥의 경우 번식기간 중 개축하거나 보수하여서는 안 되나 인간의 생활에 영향을 줄 정도의 누수, 낡은 것은 가능하도록 함
- 낡은 한옥을 양옥으로 신축 하는 것은 가능하도록 하되 다만 신축 건물에서 제비가 번식하기 용이하도록 설계에 반영할 것(슬래브 처마는 30cm 이상 유지, 처마 밑은 제비가 등지를 부착하기 용이하도록 설계, 예를 들어 처마 밑 3~4단은 무광택 벽돌 사용, 혹은 3단째 벽돌은 약 2cm 밖으로 돌출, 기타 못, 나무 등을 이용하여 부착이 용이하도록 함)
- 제비 등지가 없는 농사용 창고 등의 보수 및 신축은 가능하도록 함
- 가축의 사육이나 축사의 신축 등은 행정적·재정적 지원을 검토해야 함

- 건물의 개축이나 보수 등은 제비의 번식이 끝난 가을에서 겨울 사이에 실시하도록 함

한편, 제비의 번식둥지에 대한 지역주민의 보호노력에 대한 설문조사에서는 ‘보호를 위한 노력 없음’이 83%로 가장 많았으며, 둥지 받침대 설치 등의 ‘보호 노력 있음’이 17%로 나타났다. 이러한 부족한 지역주민의 보호노력을 향상시키고 영소지와 먹이터의 서식환경이 유지, 개선될 수 있도록 다음과 같은 관리방안이 요구된다.

- 목은둥지를 대체하거나 보완하기 위한 인공 둥지의 설계, 배치 및 관리
- 기존 번식둥지를 유지하고 보호하기 위한 둥지 위치 관리
- 제비의 번식생산성에 대한 부정적인 영향을 최소화하면서 건물 소유주의 원하지 않은 영소 위치의 일시적 또는 장기적으로 억제하는 효과적인 방법 개발
- 영소지의 위생 및 심미적 문제 해결을 위한 접근법 개발

또한, 제비의 법적 보호지역 설정과 관련된 부정적인 인식을 해소하고 인식변화를 유도하기 위해서는 지역주민에 대한 지속적인 설득 및 홍보, 교육을 진행하고, 세액 감면 및 농어업 보조금 확대 지급 등의 혜택을 제공이 필요할 것이다. 또한 서식지 관리 및 개선 차원에서 제비 둥지 받침대 및 배설물 받침대 무상 공급 및 설치 지원, 인공 번식둥지 제공, 생물다양성 관리 협약 제도를 적극적으로 활용하여 먹이터인 논 면적을 최대한 확보 등도 필요하다.

제비의 주요 번식지로서 보전하는 동시에 건전한 생태관광을 통해 지역경제 및 관광산업을 활성화시키고, 그 소득이 지역사회로 흡수 될 수 있는 기반을 조성하는 노력이 필요하다. 이를 위해서는 탐조 및 생태관광 상품 개발과 관광객에 대한 제비 번식지의 홍보, 행정기관의 상징물 채택, 제비와 관련된 기념품 제작·판매 등의 노력도 뒤따라야 할 것이다. 이를 통해 해당 지방자치단체는 제비 번식지의 보전과 관리를 통해 친환경적 행정기관으로서의 홍보 효과와 함께 관광객 유치 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

V. 결론

2012년부터 2014년의 번식기 동안 광주광역시에 도래하여 번식하는 제비의 도래현황, 서식지 및 행동권 이용, 번식생태, 체외기생충, 귀소율에 대한 연구를 실시하였으며, 이를 바탕으로 관리방안을 모색하였다.

연구 결과, 국내에 도래하는 제비는 3월 중순에 남부 도서지역에 도래한 후 남부 내륙지역인 광주광역시에는 3월 하순부터 4월 초순 사이에 도래한 후 4월 하순에 산란하여 8월 하순에 번식지를 떠나는 것으로 나타났다. 제비의 번식시기는 시·공간적으로 다양하여 장기간의 도래경향을 파악하기 위해서는 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다. 연구지역인 덕흥마을과 유덕마을의 토지이용 유형을 보면, 농경지가 약 25~50%로 가장 넓게 분포하였으나, 도시근교지역의 특성상 비 서식환경도 비교적 높은 비율을 차지하였으며 산림의 비율은 매우 낮았다. 포식 비행거리는 500~600m 정도로 기존 연구결과들과 유사하였다. 본 연구의 잠재 먹이원 조사에서 파리류가 가장 풍부하고, 다음으로 벌목, 딱정벌레목 순으로 많은 것으로 나타났는데, 이들은 제비의 1차 번식의 육추기 동안에 주요 먹이원으로 작용할 것으로 판단된다.

조사된 모든 제비 둥지는 인간이 만든 주택, 창고, 마을회관과 같은 건물에 분포하였는데, 이는 둥지나 알, 새끼를 포식자로부터 지키기 위해 인간을 이용하기 때문으로 여겨진다. 또한 인간의 출입이 많은 곳에는 포식자가 가까이 오지 않기 때문에 사람이 활동하는 인가 근처에 둥지를 만듦으로 스스로를 보호하려고 노력하는 것이라 판단된다.

제비의 한배 산란수는 2~5개 범위로 평균 4.5개이며, 포란기간은 12~16일 범위로 평균 13.1일이었다. 알에서 부화한 새끼는 약 4~10일 사이에 급격히 성장하여 12~14일에는 체중이 평균 18.2g이었으며, 육추기간은 평균 22.5일(18~30일 범위)이었다. 영소활동이 집중적으로 이루어지는 오전시간 동안에 영소비행 빈도는 시간당 평균 14.2~31.0 trips/h 범위이었다. 둥지재료를 둥지에 붙이는데 걸리는 1회 영소 시간은 암컷(40.0 ± 27.9 sec/trip)이 수컷(26.1 ± 15.5 sec/trip)보다 1.5배 오래 걸리는 것으로 나타났는데, 이는 암컷이 상대적으로 둥지재료를 추가하고 진흙을

다지고, 보수하는 등 양육에 더 공헌하기 때문으로 판단된다. 기존 연구결과와 유사하게 포란은 암컷이 전담하였으며, 암컷의 포란 비율은 이른 오전에 약 84%이고 그 이후에는 약 26%로 감소하여 포란시간과 평균기온은 유의한 음의 상관관계를 보였다. 급이 빈도는 이른 오전부터 점점 증가하여 늦은 오전인 10시에 최고치를 보이다가 오후로 갈수록 감소하는 경향을 보였다 부모의 부재시 새끼의 배변 빈도는 총 배변 빈도의 36%를 차지하였는데, 출입구나 창문 근처에서 영소하는 제비의 습성상 둥지에서 낙하되어 축적된 배설물은 인간에게 심미적 및 위생상 피해를 주어 영소를 방해받거나 둥지가 훼손의 원인 제공으로 작용할 가능성이 있다.

부화 성공률은 89.1%, 이소 성공률은 84.5%로 높은 번식 성공률을 보였으나, 까치와 참새 등의 포식에 의한 영향으로 산란한 알 중 3.0%, 부화한 새끼 중 3.8%가 피해를 본 것으로 나타났다. 번식둥지에서 조사된 체외기생충은 Amblycera(둥근팔털리아목) 등의 이(lice), 닭진드기(*Dermanyssus gallinae*), 비둘기진드기(*Argas reflexus*) 등의 진드기(mites) 같은 종류들과 그 외 거미류(깡충거미류 Salticidae), 모기류(Culicidae), 애수시렁이(*Attagenus unicolor*) 등이 확인되었다. 연구를 통해 체외기생충의 감염유무 및 감염수준에 따른 제비 번식생태와의 어떠한 상관관계도 확인할 수 없었으나, 향후 추가적인 연구를 통해 체외기생충이 번식생태에 미치는 영향을 파악해 볼 필요가 있다고 판단된다.

본 연구에서 1년생 새끼의 귀소율은 0~3% 사이로 매우 낮게 나타났는데, 이는 제비의 1년생 새끼는 기존 출생지로 거의 돌아가지 않으며, 출생지에서 30km 이내에서 번식하는 경우는 거의 없다는 기존 연구결과와 일치하였다. 따라서 제비의 귀소율 및 이주, 분산 위한 연구에서는 제비 성조와 1년생 새끼의 귀소성의 차이를 고려해야 될 것으로 판단된다.

국내에서 제비는 일부 산간지역과 도심지역을 제외한 전역에 널리 분포하고 있으며, 개체군은 과거에 비해 감소하였지만 최근에 안정된 경향을 보이는 것으로 확인되었다. 그러나 지난 수십 년간 주요 영소지인 구식 목재 건물이 현대식 건물로 교체되고 있어 안정적인 영소환경이 감소하고 있으며, 농업 서식지 환경 감소로 먹이터가 줄어들고 있다. 또한 기후변화 및 도시화, 서식지 손실, 살충제 사용, 유전자 변형 작물 개발 등으로 주요 먹이원인 비행성 곤충류의 대규모 감소가 우려되며, 혹독한 기후변화와 종간 경쟁, 기생충 감염, 인간의 간섭 등으로 개체군이 감

소할 가능성이 있다. 따라서 국내에서 번식하는 제비의 장기적인 보호·관리를 위해서는 제비의 생물학, 서식지 요구 및 위협에 대한 모니터링이 필요하며, 이와 함께 법적 보호지역 설정 및 행정적 지원 및 보상, 서식지 환경 유지, 개선 활동이 요구된다. 또한 제비가 번식하는 곳이 대부분 사유지로 제비 보호지역 설정과 관련된 부정적인 인식을 해소하고 변화를 유도하기 위하여 지역주민에 대한 지속적인 설득 및 홍보, 교육을 진행되어야 할 것으로 판단된다.

VI. 국문 요약

본 연구는 2012년부터 2014년까지의 번식기 동안 광주광역시에서 제비의 서식지 특성, 영소지 선택과 번식생태를 파악하기 위하여 이루어졌다. 또한 이러한 결과들을 종합하여 국내에서 제비의 종 및 서식지 보호에 필요한 관리방안을 제시하고자 한다.

국내에서 제비는 3월 하순에 도래하여 8월 하순에 번식지를 떠나는 것으로 확인되었다. 번식지 일대에는 영소지인 주거지역은 약 5~10% 비율을 차지하고, 포식활동지인 농경지가 27~52.7%, 하천이 10~15%로 분포하였다. 행동권 면적은 0.8~0.84km²이었으며, 행동권 내 토지이용은 농경지(42.2~53.2%)가 가장 많이 분포하였다. 잠재 먹이원은 대부분 곤충류(Insecta)로 나타났으며, 비곤충류인 거미류(Araneae)도 채집되었다. 곤충류 중에는 파리목(Diptera)이 48.3%로 가장 많았으며, 벌목 24.7%, 딱정벌레목 10.7%, 노린재목 3.0%, 나비목 1.8%, 잠자리목 1.5%, 매미목 0.7% 등의 비행성 곤충들이 조사되었다. 모든 둥지는 건물의 수직 벽과 지붕에 붙어 있었으며, 둥지의 외측 직경은 18.2±3.2cm, 깊이는 9.8±3.1cm, 둥지 내측 직경은 11.2±1.5cm, 내측 깊이는 3.4±0.5cm로 지면에서 평균 2.9±0.3m 높이에 위치하였다. 번식 둥지는 시멘트 벽(44.9%), 목재(23.1%), 벽돌(21.8%), 전등(6.4%)에 부착되어 있었다. 둥지의 이용률은 목은둥지 39.0%, 생성둥지 61.0%로 나타났다. 제비는 암·수가 공동으로 둥지를 만들며, 소요되는 기간은 약 8일이었다. 영소활동이 집중되는 오전시간에 영소빈도는 14.2~31.0 trips/h 범위, 성별로는 수컷 10.2~19.8 trips/h, 암컷 4.0~11.4 trips/h를 보였다. 한배 산란수는 2~5개 범위로 평균 4.5개이었다. 평균 알 장경은 18.23±0.73mm, 단경은 13.11±0.25mm, 알 부피는 1.60±0.11cm³, 알 형태지수는 1.39±0.05, 알 무게는 1.69±0.15g이었다. 포란은 암컷이 전담하며, 포란기간은 평균 13일이었다. 포란시간은 이른 오전인 6시에 50.6±17.5 min/h 으로 1시간의 약 84%의 시간을 포란하는데 소비하였으며, 오전 7시에는 평균 24.5 min/h(40.8%) 하였고 그 이후로는 평균 15.6 min/h(26.0%)로 조사되었다. 부화 직후 새끼의 체중은 약 1.4~2.0g이었다. 부화 후 약 4~10일 사이에 급격히 성장하였고, 12~14일에는 체중이 평균 18.2g (15.8~20.5g 범위)이었다. 육추기간은 약 23일

이었으며, 급이행동은 암·수가 공동으로 실시하였다. 주간시간에 급이 빈도는 총 385.2 ± 66.9 trips/nest, 성별로는 수컷 219.2 ± 37.1 trips/nest, 암컷 166.0 ± 30.8 trips/nest로 나타났다. 부화 및 이소 성공률은 각각 89.1%와 84.5%이었다. 번식 실패의 주요 원인은 미수정란과 포식, 둥지훼손, 번식포기로 나타났다. 제비 둥지에서 이(lice), 진드기(mites)의 체외기생충의 감염비율이 높았다. 새끼의 귀소율은 0~3% 사이로 매우 낮게 나타났다. 제비는 일부 산간지역과 도심지역을 제외한 국내 전역에 널리 분포하고, 제비 개체군도 최근에 안정된 경향을 보였다.

결론적으로 이 연구 결과는 제비의 서식지 보존 및 종 관리에 필요한 자료로 널리 활용될 것이라 판단된다.

VII. 참고문헌

- 광주광역시. 2013. 통계연보. <http://www.gwangju.go.kr/>.(2016. 1. 15 검색)
- 국립생물자원관(NIBR). 2013. 야생동물 서식실태조사 및 관리·자원화 방안연구. 94pp.
- 국립생물자원관(NIBR). 2015. 야생동물 서식실태조사 및 관리·자원화 방안연구. 94pp.
- 기상청. 2012. <http://www.kma.go.kr/>.(2016. 1. 15 검색)
- 김병국. 2012. 주남저수지와 달성습지에 번식하는 제비(*Hirundo rustica*)의 번식 생태. 경북대학교 대학원 석사학위논문. 59pp.
- 김인규, 함규황. 2001. 제비(*Hirundo rustica*)의 번식생태에 관한 연구. 한국조류학회지, 8(1): 1-9.
- 김인규. 2000. 제비 (*Hirundo rustica*)의 번식생태 및 귀소성에 관한 연구. 경남대학교 대학원 석사학위논문.
- 노두리. 2016. 제비(*Hirundo rustica*) 부모의 먹이 공급 결정에 영향을 미치는 요인에 관한 분석. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 문화재청. 2009. 천연기념물 지정을 위한 제비 서식지 기초조사. 200pp.
- 박종길. 2014. 야생조류 필드 가이드. 자연과 생태.
- 원병오, 우한정, 구태회, 윤무부. 1969. 표식방조에 의한 한국산 철새집단의 계절적 분포와 그의 생태(II). 경희대학교 논문집, 6: 305-346.
- 원병오. 1981. 한국의 조류도감. 문교부. 792-799.
- 이상돈. 2009. 우리나라에 번식하는 제비의 먹이 자원에 관한 생태학적 연구. 환경영향평가, 18(3): 123-129.
- 이승연, 서슬기, 박창욱, 조숙영, 박세영, 빙기창, 홍길표, 권영수. 2013. 다도해해상국립공원 흑산도에서 제비의 도래현황. 국립공원연구지, 4(4): 127-130.
- 이용관, 조영현, 김성준. 2016. 도시성장 시나리오와 CLUE-s 모형을 이용한 우리나라의 토지이용 변화 예측. 한국지리정보학회지, 19(3): 75-88.
- 최인숙. 1998. 제비 *Hirundo rustica*의 번식 및 이동진 집단형성 행동에 관한 연

- 구. 공주대학교 교육대학원 석사학위논문. 40pp.
- 한현진. 2009. 제비 *Hirundo rustica*의 영소지 선택과 번식생태. 경희대학교 대학원 석사학위논문. 57pp.
- Ambrosini, R., A. M. Bolzern, L. Canova and N. Saino. 2002b. Latency in response of barn swallow *Hirundo rustica* populations to changes in breeding habitat conditions. *Ecology Letters*, 5: 640 - 647.
- Ambrosini, R., A. M. Bolzern, L. Canova, S. Arieni, A. P. Møller and N. Saino. 2002a. The distribution and colony size of barn swallows in relation to agricultural land use. *Journal of Applied Ecology*, 39: 524 - 534.
- Anthony, L. W. and C. A. Ely. 1976. Breeding biology of barn swallows in west-central Kansas. *Bulletin of Kansas Ornithological Society*, 27: 37-43.
- Balbontín, J., A. P. Møller, I. G. Hermosell, A. Marzal, M. Reviriego and F. de Lope. 2009. Geographic patterns of natal dispersal in barn swallows *Hirundo rustica* from Denmark and Spain. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 63: 1197 - 1205.
- Barclay, R. M. R. 1988. Variation in the costs, benefits, and frequency of nest reuse by barn swallows (*Hirundo rustica*). *Auk*, 105: 53-60.
- Beal, F. E. L. 1918. Food habits of the swallows, a family of valuable native birds. U.S. Department of Agriculture Bulletin, 619.
- Bent, A. C. 1942. Barn Swallow *Hirundo rustica*. In Newforth, P.Q. (ed.). Life histories of familiar North American birds [electronic book]. Web site: www.birdsbybent.com/ch21-30/bswallow.html.(accessed July 2016).
- BirdLife International. 2004. Birds in the European Union: a status assessment. Wageningen, The Netherlands: BirdLife International. Downloaded from <http://www.birdlife.org>.(accessed August 2016).
- BirdLife International. 2009. Species factsheet: *Hirundo rustica*. Downloaded from <http://www.birdlife.org>.(accessed July 2016).

- Boekelheide, R. J. and D. G. Ainley. 1989. Age, resource, availability, and breeding effort in Brand's Cormorant. *Auk*, 106: 389 - 401.
- Bonisolì-Alquati A., H. Koyama, D. Tedeschi, W. Kitamura, H. Suzuki, S. Ostermiller, E. Arai, A.P. Møller and T.A Mousseau. 2015. Abundance and genetic damage of barn swallows from Fukushima. *Scientific Reports*, 5(9432): 1-8.
- Brewer, R. A., G. A. McPeck and R. A. Adams, Jr. 1991. The atlas of breeding birds of Michigan. Michigan State University Press, East Lansing, MI.
- Brown, C. R. 1985. The costs and benefits of coloniality in the cliff swallow. Dissertation. Princeton University, Princeton, New Jersey, USA.
- Brown, C. R. and M. B. Brown. 1999. Barn swallow (*Hirundo rustica*). Pp. 1-32 in *The Birds of North America*, No. 452 (A. Poole & F. Gill, eds.). The Birds of North America, Inc., Philadelphia, PA.
- Brown, C. R. and M. B. Brown. 1986. Ectoparasitism as a cost of coloniality in Cliff Swallows (*Hirundo pyrrhonota*). *Ecology*, 67: 1206-1218.
- Bryant, D.M. and A.K. Turner. 1982. Central place foraging by swallows (Hirundinidae): the question of load size. *Anim. Behav.*, 30: 845 - 856.
- Burfield, I. and F. van Bommel. 2004. Birds in Europe: Population estimates, trends and conservation status. BirdLife International, Cambridge, UK. 374 pp.
- Butcher, G. S. and D. K. Niven. 2007. Combining data from the Christmas Bird Count and the Breeding Bird Survey to determine the continental status and trends of North America birds. National Audubon Society, New York, NY. <http://www.audubon.org/bird/stateofthebirds/CBID/report.php>.(accessed September 2016).
- Cadman, M. D., D. A. Sutherland, G. G. Beck, D. Lepage and A. R. Couturier. 2007. Atlas of the Breeding Birds of Ontario, 2001-2005. Bird Studies Canada, Environment Canada, Ontario Field Ornithologists, Ontario

- Ministry of Natural Resources, and Ontario Nature, Toronto, xxii + 706 pp.
- Campbell, R. W., N. K. Dawe, I. McTaggart-Cowan, J. M. Cooper and G. W. Kaiser. 1997. The Birds of British Columbia. Volume 3. Passerines: Flycatchers through Vireos. University of British Columbia Press, Vancouver. 693 pp.
- Canadian Endangered Species Conservation Council (CESCC). 2006. Wild species 2005: The general status of species in Canada. Ottawa: Minister of Public Works and Government Services Canada. Web site: <http://www.wildspecies.ca/wildspecies2005/Results.cfm?lang=e&sec=9>.(accessed December 2016).
- Collias, N. E. 1964. The evolution of nests and nest-building in birds. *American Zoologist*, 4: 175-190.
- Collias, N. E. and E. C. Collias. 1984. Nest building and bird behavior. Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
- Cooper, R. J. and R. C. Whitmore. 1990. Arthropod sampling methods in ornithology. *Stud. Avian Biol.*, 13: 29-37.
- COSEWIC. 2011. COSEWIC assessment and status report on the barn swallow *Hirundo rustica* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. ix +37 pp. Web site: www.sararegistry.gc.ca/status/status_e.cfm.(accessed December 2016).
- CRAMP, S. 1988. The birds of Europe the Middle East and North Africa. Vol V. Oxford University Press.
- Crick, H. Q. P., S. R. Baillie and D. I. Leech. 2003. The UK Nest Record Scheme: its value for science and conservation. *Bird Study*, 50: 254-270.
- de Heij, M. E., P. J. van den Hout, and J. M. Tinbergen. 2006. Fitness cost of incubation in great tits (*Parus major*) is related to clutch size. *Proc. R. Soc. B.*, 273: 2353-2361.

- de Lope Rebollo, F. 1983. La reproduction d'*Hirundo rustica* en Estremadure (Espagne). *Alauda*, 512: 81-91.
- De Solla, S. R., R. Bonduriansky and R. J. Brooks. 1999. Eliminating autocorrelation reduces biological relevance of home range estimates. *J. Anim. Ecol.*, 68: 221-234.
- Deeming, D. C. 2002. Avian incubation: Behaviour, environment and evolution. Oxford Univ. Press, Oxford
- Desrochers, A. and R. D. McGrath. 1993. Age-specific fecundity in European Blackbirds (*Turdus merula*): individual and population trends. *Auk*, 110: 255 - 263.
- Dolenec, Z. 2002. Breeding characteristics of the barn swallow (*Hirundo rustica*) in NW Croatia. *Natura Croatica*, 4: 439-445.
- Egger, B. 2000. Foraging performance of barn swallows *Hirundo rustica* in relation to food supply and consequences for nestling growth and survival. Diploma thesis, University of Bern and Swiss Ornithological Institute.
- Engstrand, S. M., S. Ward and D. M. Bryant. 2002. Variable energetic responses to clutch size manipulations in white-throated dippers *Cinclus cinclus*. *Journal of Avian Biology*, 33: 371 - 379.
- Erskine, A. J. 1979. Man's influence on potential nesting sites and populations of swallows in Canada. *Canadian Field-Naturalist*, 93: 371-377.
- Erskine, A. J. 1992. Atlas of Breeding Birds of the Maritime Provinces. Nimbus Publ. Halifax, NS.
- European Bird Census Council. 2012. Trends of common birds in Europe, 2012 update. Pan-European Common Bird Monitoring Scheme web site: <http://www.ebcc.info/index.php?ID=500>.(accessed December 2016).
- Evans, K. L., J. D. Wilson and R. B. Bradbury. 2007. Effects of crop type and aerial invertebrates abundance on foraging Barn Swallows *Hirundo rustica*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122: 267 -

273.

- Evans, K. L., R. B. Bradbury and J. D. Wilson. 2003. Selection of hedgerows by swallows *Hirundo rustica* foraging on farmland: the influence of local habitat and weather. *Bird Study*, 50: 8 - 14.
- Federation of Alberta Naturalists. 2007. The Atlas of Breeding Birds of Alberta: A second look. Federation of Alberta Naturalists. Edmonton. vii + 626 pp.
- Ferro, G. and G. Boano. 1998. Sopravvivenza e filopatria della Rondine (*Hirundo rustica*) in Italia settentrionale. *Avocetta*, 22: 27-34.
- Géroutet, P. 1961. La Vie des Oiseaux. Les Passereaux 1. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.
- Ghilain, A. and M. Bélisle. 2008. Breeding success of tree swallows along a gradient of agricultural intensification. *Ecological Applications*, 18(5): 1140-1154.
- Głowacki, J. 1977. Contribution to the knowledge of the food of the swallow *Hirundo rustica* L., *Przegląd Zoologiczny*, 21: 60 - 62 (in Polish)
- Glutz von Blotzheim, U. N. and K. M. Bauer. 1985. Handbuch der Vögel Mitteleuropas. AULA-Verlag, Vol. 10, Wiesbaden.
- Godfrey, W. E. 1986. The Birds of Canada. National Museum of Natural Sciences, National Museums of Canada, Ottawa, Ontario. 595 pp.
- Goldsmith, B. 1991. Monitoring for conservation and ecology. Chapman and Hall. New York.
- 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 *Hirundo rustica*. *Vogelwarte*, 42: 103-104.
- Grüebler, M. U., F. Komer-Nievergelt and J. von Hirschheydt. 2010. The reproductive benefits of livestock farming in barn swallows *Hirundo rustica*: qualify of nest site or foraging habitat?. *Journal of Applied Ecology*, 47(6): 1340-1347.

- Hails, C. J. 1984. The breeding biology of the pacific swallow *Hirundo tahitica* in Malaysia. *Ibis*, 126: 198-211.
- Hansell, M. 2000. Bird nests and construction behaviour. Cambridge University Press, Cambridge
- Hirschheydt, H. M. von Schaub, F. Del Fante. 2006. Le Rondini della Bassa Riviera: sviluppo degli effettivi, successo riproduttivo e tasso di sopravvivenza negli anni 1997-2004. *Bollettino Società ticinese di Scienze naturali*, 94: 25-38.
- Horak, P., R. Mänd, I. Ots and A. Leivits. 1995. Egg size in the great tit *Parus major*: individual, habitat and geographic differences. *Ornis Fennica*, 72: 97 - 114.
- Hoyt, O. F. 1979. Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. *Auk*, 96: 73 - 77.
- Jones, G. 1987. Time and energy constraints during incubation in free-living swallows (*Hirundo rustica*): an experimental study using precision electronic balances. *Journal of Animal Ecology*, 56: 229-245.
- Kang, S. R. 2004. Nesting and foraging behaviors of breeding swallows (*Hirundo rustica*). Master Thesis, Univ. of Dong-A Busan, 62 pp.
- King, B. F. and E. C. Dickinson. 1998. Birds of Southeast Asia. Periplus Editions, pp. 248-251.
- Kingery, H. E. 1998. Colorado breeding bird atlas. Colorado Bird Atlas Partnership and Colorado Division of Wildlife, Denver, Colorado
- Komarov, Y. E. 2000. Nesting biology of the barn swallow in northern Ossetia. *Caucasian Ornithological Bulletin*, 12: 133-137. (in Russian with English abstract).
- Kopij, G. 2000. Diet of swifts (Apodidae) and swallows (Hirundinidae) during the breeding season in South African grassland. *Acta Ornithologica*, 35: 203-206.
- Kostin, Y. V. 1983. Birds of th Crimea. Moscow, Nauka Press, 240 pp. (in

- Russian).
- Lack, D. 1968. Ecological adaptations for breeding in birds. Methuen, London.
- Languy M. and C. Vansteenwegen. 1989. Influence of parental age on the growth of nestling Swallows *Hirundo rustica*. ARDEA, 77(2): 227-232.
- Lewis, T. and L. R. Taylor. 1965. Diurnal periodicity of flight by insects. Transactions of the Royal Entomological Society of London, 116: 393-476.
- Loske, K. H. 1992. Nestlingsnahrung der Rauchschnwalbe (*Hirundo rustica*) in Mittelwestfalen. Vogelwarte, 36: 173-187.
- Loske, K. H. 1994. Untersuchungen zu Überlebensstrategien der Rauchschnwalbe (*Hirundo rustica*) im Brutgebiet. Ph. D. Thesis, Friedrich Willhelms Universität Bonn.
- Loye, J. E. 1985. The life history and ecology of the cliff swallow bug, *Oeciacus vicarius* (Hemiptera: Cimicidae). Cahiers Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Serie Entomologie Medicale et Parasitologie, 23: 133-139.
- Lubbe, S. K. and G. R. de Snoo. 2007. Effect of dairy farm management on Swallow *Hirundo rustica* abundance in the Netherlands. Bird Study, 54: 176-181.
- Martins, T. L. F. 1997. Fledging in the common swift, *Apus apus*: weight watching with a difference. Anim. Behav., 54: 99 - 108.
- Mason, E. A. 1953. Barn Swallow life history data based on banding records. BirdBanding, 24: 91-100.
- Maumary, L., L. Vallotton and P. Knaus. 2007. Die Vögel der Schweiz. Vogelwarte, Sempach, e Nos Oiseaux, Montmollin.
- McCracken, J. 2008. Are aerial insectivores being bugged out? BirdWatch Canada, 42: 4-7.
- McGinn, D. B and H. Clark. 1978. Some measurements of Swallow breeding

- biology in lowland Scotland. *Bird Study*, 25: 109 - 118.
- Millard, J. B. E. W. Whicker and O. D. Markham. 1990. Radionuclide uptake and growth of barn swallows nesting by radioactive leaching ponds. *Health Physics*, 58: 429-439.
- Møller A. P. and F. de Lope. 1999. Senescence in a short-lived migratory bird: age-dependent morphology, migration, reproduction and parasitism. *J. Anim. Ecol.*, 68: 163 - 171.
- Møller, A. P. and T. Szép. 2005a. Age-dependent reproduction, environmental conditions and sexual selection and reproduction. *Ecology* 83: 2220-2228
- Møller, A. P. 1985. Mixed reproductive strategy and mate guarding in a semi-colonial passerine, the swallow *H. rustica*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 17: 401-408.
- Møller, A. P. 1987. Advantages and disadvantages of coloniality in the swallow, *Hirundo rustica*. *Animal Behaviour*, 35: 819-832.
- Møller, A. P. 1988. Paternity and paternal care in the swallow, *Hirundo rustica*. *Animal Behaviour*, 36: 996-1005.
- Møller, A. P. 1989. Intraspecific nest parasitism in the Swallow *Hirundo rustica*: the importance of neighbours. *Behav. Ecol.*, 25: 33-38.
- Møller, A. P. 1990. Effects of parasitism by a haematophagous mite on reproduction in the barn swallow. *Ecology*, 71: 2345-2357.
- Møller, A. P. 1991. Parasite load reduces song output in a passerine bird. *Anim Behav*, 41: 723-730.
- Møller, A. P. 1993. Ectoparasite load affects optimal clutch size in swallows. *Funct. Ecol.*, 5: 351-359.
- Møller, A. P. 1994. Sexual selection and the barn swallow. Oxford University Press, Oxford.
- Møller, A. P. 1997. Parasitism and the evolution of host life history. In: Clayton, D.H. and J. Moore (eds) *Host-parasite evolution: General*

- principles and avian models. Oxford University Press, 105–127.
- Møller, A. P. 2001. The effect of dairy farming on barn swallow *Hirundo rustica* abundance, distribution and reproduction. *J. Appl. Ecol.*, 38: 378 - 389.
- Møller, A. P. 2002. Temporal change in mite abundance and its effect on barn swallow reproduction and sexual selection. *Journal of Evolutionary Biology*, 15: 495–504.
- Møller, A. P. 2008. Climate change and micro-geographic variation in laying date. *Oecologia*, 155: 845–857.
- Møller, A. P., F. de Lope and J. M. López Caballero. 1995. Foraging cost of a tail ornament: experimental evidence from two populations of barn swallows *Hirundo rustica* with different degrees of sexual size dimorphism. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 37: 289 - 295.
- Møller, A. P., T. A. Mousseau, G. Milinevsky, A. Peklo, E. Pysanets and T. Szép. 2005. Condition, reproduction and survival of barn swallows from Chernobyl. *J. Anim. Ecol.*, 74: 1102 - 1111.
- Moreau, R. E. and W. M. Moreau. 1939. Observations on swallows and house martins at the nest. *British Birds*, 33: 146–151.
- Munteanu, D. 1998. The status of birds in Romania. Romanian Ornithological Society, Bucharest.
- Murphy, T. M. 1994. Breeding patterns of Eastern Phoebes in Kansas : Adaptive strategies or physiological constraint?. *Auk*, 111: 617–633.
- Nebel, S., A. Mills, J. D. McCracken and P. D. Taylor. 2010. Declines of aerial insectivores in North America follow a geographic gradient. *Avian Conservation and Ecology - Écologie et conservation des oiseaux*, 5(2): 1. Web site: <http://www.ace-eco.org/vol5/iss2/art1/>. (accessed July 2016).
- Newton, I. 1998. Population Limitation in Birds. Academic Press. 597 pp.
- Nicholson, C. P. 1997. Atlas of breeding birds of tennessee. Univ. of TN

Press, Knoxville.

- Noordwijk, A. J. J. H. van Balen and W. Scharov. 1980. Heritability of ecologically important traits in the great tit, *Parus major*. *Ardea*, 68: 193 - 203.
- O'Conner, R. J., 1984. The growth and development of birds. J. Wiley, Chichester.
- Palmer-Ball Jr., B. L. 1996. The Kentucky breeding bird atlas. The University Press of Kentucky, Lexington, KY.
- Partners in Flight Science Committee. 2013. Population estimates database, version 2013. Web site : <http://rmbo.org/pifpopestimates>.
- Patrick, S. and O. John. 2010. Breeding biology of barn swallows *Hirundo rustica* in counties Cork and Waterford, Ireland. *Bird Study*, 57: 256-260.
- Peck, G. K. and R. D. James. 1987. Breeding birds of Ontario: Nidology and distribution. Vol. 2. Royal Ontario Museum, Toronto.
- Peng, R. K., C. R. Fletcher, S. Sutton. 1992. The effect of microclimate on flying Dipterans. *International Journal of Biometeorology*. 36: 69-76.
- Perrins, C. M. 1969. The timing of birds' breeding seasons. *Ibis*, 112: 242 - 255.
- Petit, L. J., D. R. Petit, D.G. Christian and H. D. W. Powell. 1999. Bird communities of natural and modified habitats in Panama. *Ecography*, 22(3): 292-304.
- Pikula, J. and M. Beklová. 1987. Bionomics of species of the family Hirundinidae. *Acta. Se. Nat. Brno.*, 21(3): 1-39.
- Radermacher, W. 1989. Weitere Beobachtungen an der Rauchschnalben (*Hirundo rustica*). *Charadrius*, 25: 179-188.
- Reid, J. M., P. Monaghan and G. D. Ruxton. 2000. Resource allocation between reproductive phases: the importance of thermal conditions in determining the cost of incubation. *Proc. R. Soc. B.*, 267: 37-41.

- Ricklefs, R. E. 1968. Weight recession in nestling birds. *Auk* 65: 30–35.
- Robinson, R. A., H.Q.P. Crick and W. J. Peach. 2003. Population trends of swallows *Hirundo rustica* breeding in Britain. *Bird Study*, 50: 1–7.
- Safran, R. J. 2004. Adaptive site selection rules and variation in group size of barn swallows: individual decisions predict population patterns. *American Naturalist*, 164(2): 121–131.
- Safran, R. J. 2005. Individuals to populations: female habitat- and mate-selection decisions and group size variation in barn swallows. Ph. D. Thesis, Cornell University.
- Safran, R. J. 2007. Settlement patterns of female barn swallows *Hirundo rustica* across different group sizes: access to colorful males or favored nests? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61: 1359–1368.
- Saino, N. and A. P. Møller. 1995. Testosterone-induced depression of male parental behavior in the barn swallow: female compensation and effects of seasonal fitness. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 36: 151–157.
- Saino, N., M. Romano, R. Ambrosini, D. Rubolini, G. Boncoraglio, M. Caprioli and A. Romano. 2012. Longevity and lifetime reproductive success of barn swallow offspring are predicted by their hatching date and phenotypic quality. *Journal of Animal Ecology*, 81: 1004–1012.
- Saino, N., R. P. Ferrari, M. Romano, R. Ambrosini and A. P. Møller. 2002. Ectoparasites and reproductive trade-offs in the barn swallow (*Hirundo rustica*). *Oecologia*, 133: 139 - 145.
- Saino, N., S. Calza and A. P. Møller. 1998. Effects of a dipteran ectoparasite on immune response and growth trade-offs in barn swallow, *Hirundo rustica*, nestlings. *Oikos*, 81: 217–228.
- Saino, N., S. Calza, P. Ninni and A. P. Møller. 1999. Barn swallows trade survival against offspring condition and immunocompetence. *Journal of Animal Ecology*, 68: 999–1009.

- Sakraoui, R., W. Dadci, Y. Chabi and J. Bañbura. 2005. Breeding biology of barn swallows *Hirundo rustica* in Algeria, North Africa. *Ornis Fennica*, 82: 33 - 43.
- Salvadori, A., M. Cadman, K. Horner and L. Rae. 2011. Barn swallow populations in Wellington County, 2008-2010. *Ontario Birds*, 29(1): 2-12.
- Samuel, D. E. 1971. Field methods for sexing barn swallows. *Ohio. J. Sci.* In press.
- Sauer, J. R., J. E. Hines, J. E. Fallon, K. L. Pardieck, D. J. Ziolkowski, Jr., and W. A. Link. 2012. The North American breeding bird Survey, results and analysis 1966 - 2011. Version 12.13.2011. USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD. 22 February 2013 update. Web site: <http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/bbs/>.(accessed December 2016).
- Scandolaro, C. 2014. Migration and natal dispersal in the barn swallow *Hirundo rustica*. Università degli studi di Milano, Dipartimento di Bioscienze. Ph. D. Thesis matricola R08832. Tesi: 140 pp.
- Schönwetter, M. 1967-1979. *Handbuch der Oologie*. Akademie-Verlag, Berlin.
- Shields, W. M. 1984. Factors affecting nest and site fidelity in Adirondack barn swallows (*Hirundo rustica*). *Auk*, 101: 780-789.
- Shields, W. M. and J. R. Crook. 1987. Barn swallow coloniality: A net cost for group breeding in the Adirondacks?. *Ecology*, 68: 1373 - 1386.
- Skutch, A. 1957. The incubation patterns of birds. *Ibis*, 99: 69-93.
- Smith, H. G. and R. Montgomerie. 1992. Male incubation in barn swallows: the influence of nest temperature and sexual selection. *Condor*, 94: 750-759.
- Snapp, B. D. 1976. Colonial breeding in the barn swallow (*Hirundo rustica*) and its adaptive significance. *Condor*, 78: 471-480.
- Söderström, B. and T. Pärt. 2000. Influence of landscape scale on farmland birds breeding in semi-natural pastures. *Conservation Biology*, 14:

522-533.

- Soler, J. J., J. J. Cuervo, A.P. Møller, F. de Lope. 1998. Nest building is a sexually selected behaviour in the barn swallow. *Animal Behaviour*, 56: 1435-1442.
- Southwooth, R. E. 1978. *Ecological methods*. Chapman and Hall, London.
- Speich, S. M., H. L. Jones, and E.M. Benedict. 1986. Review of the natural nesting of the Barn Swallow in North America. *American Midland Naturalist* 115: 248-254.
- Tate, J. Jr. 1986. The blue list for 1986. *American Birds*, 40: 227-236.
- Taylor, L. R. 1963. Analysis of the effect of temperature on insects in flight. *Journal of Animal Ecology*, 32: 99-117.
- Thompson, M. L. P. 1992. Reproductive success and survival of swallows *Hirundo rustica*: effects of age and breeding condition. Ph. D. Thesis, Univ. of Stirling.
- Tucker, G. M. and M. F. Heath. 1994. *Birds in Europe. Their Conservation Status*. BirdLife International, Cambridge.
- Turner, A. and C. Rose. 1989. *Swallows and martins: an identification guide and handbook*. Houghton-Mifflin.
- Turner, A. K. 1980. The use of time and energy by aerial feeding birds. Ph. D. Thesis, Univ. of Stirling.
- Turner, A. K. 1982. Timing of laying by swallows (*Hirundo rustica*) and sand martins (*Riparia riparia*). *Journal of Animal Ecology*, 51: 29-46.
- Turner, A. K. 2004. Family Hirundinidae (Swallows and Martins). Pp. 602-685 in Del Hoyo, J., A. Elliott and D. A. Christie (eds). *Handbook of the Birds of the World. Volume 9. Cotingas to pipits and wagtails*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Turner, A. K. 2006. *The barn swallow*. T & AD Poyser, London, UK.
- UCN. 2016. The IUCN Red list of threatened species. Version 2016. IUCN. Available: <http://www.iucnredlist.org/>.(accessed December 2016).

- Verheyen, R. 1967. Oologica Belgica. Inst. Royal Sci. Belgique, Brüssel.
- Visser, M. E. and C.M. Lessells. 2001. The costs of egg production and egg incubation in great tits (*Parus major*). Proc. R. Soc. B., 268: 1271-1277.
- Wang, S. M. 1959. Preliminary studies on the life history of the house swallow. J. Acta. Zool. Sinica., 11(2): 138-144.
- Ward, S. 1995. Causes and consequences of egg size variation in swallows *Hirundo rustica*. Avocetta, 19: 201-208.
- Waugh, D. R and C. J. Hails. 1983. Foraging ecology of a tropical aerial feeding bird guild. Ibis, 125: 200-217.
- Waugh, D. R. 1978. Predation strategies in aerial feeding birds. Ph. D. Thesis, Univ. of Stirling.
- Wellbourn, M. 1993. Aspects of the breeding biology of a swallow *Hirundo rustica* population. Ph. D. Thesis, Manchester Univ.
- White, F. N. and J. L. Kinney. 1974. Avian incubation. Science, 186: 107-115.
- Winkler, D.W. 2006. Roosts and migrations of swallows. Hornero, 21(2): 85-97.
- Ytreberg, N. J. 1986. The behaviour of the house martin *Delichon urbica* and the barn swallow *Hirundo rustica* in the incubation period during a spell of adverse weather. Fauna norvegica Series C Cinclus, 9: 35-48.
- Zieliński, P. and Z. Wojciechowski. 1999. Feeding frequency in the barn swallow *Hirundo rustica* in relation to time of the day. Acta Ornithologica, 34: 85-88.

감사의 글

2006년에 광주와 함평에서 제비 연구를 처음 시작했을 때, 나는 이 연구가 박사 논문으로 이어질지는 생각지도 못했습니다. 11년이 지난 지금, 그동안 함께 했던 많은 분들에게 감사드립니다.

먼저, 제주대학교 과학교육학부 오홍식 교수님께 깊은 감사와 존경을 표합니다. 기꺼이 저의 연구와 학업이 이어지도록 해주셨으며, 초기 연구 계획에서부터 학술대회 발표, 논문 투고, 학위논문 작성에 이르기까지 모든 단계에서 지도를 해주신 점 다시 한 번 감사드립니다. 많이 부족한 저에게 교수님께서 늘 격려와 사랑으로 이끌어주시고 이렇게 논문이 완성된 것은 교수님의 특별한 관심과 지도 덕분입니다. 제가 앞으로 인생을 살아가는 동안 교수님의 가르침을 소중하게 간직하겠습니다.

저의 대학교 학부과정과 대학원 석사과정 동안에 새를 알게 해주시고, 제비 연구를 할 수 있도록 중요한 역할을 해주신 이두표 교수님께 진심으로 감사드립니다. 심사위원장을 맡아주시고 깊고 넓은 혜안으로 논문을 지도해주신 이한수 박사님, 논문의 부분과 전체를 골고루 세심하게 지적해주시고 지도해주시며 격려해주신 안근재 교수님, 바쁘신 가운데에도 논문 심사를 맡아주시고 날카로운 지적과 지도를 해주신 강경희 교수님께도 진심으로 감사드립니다.

연구 과정 동안 많은 조언을 해주시고 관심을 가져주신 한상현 박사님과 더불어 박사과정을 함께 했던 김태욱 박사님, 신용운 박사님, 정상욱 선생님께도 감사드립니다. 또한 제주대학교 형태학실험실의 김영호 박사님, 김동민 선생님, 김유경 박사님, 이준원 선생님, 김가람 선생님, Pradeep Adhikari 등 연구원분들께 감사드립니다. 볼 때 마다 연구에 대한 관심과 격려를 해주신 김병수 선생님, 고상범 선생님, 김완병 박사님께도 감사드립니다.

언제나 연구에 대한 방향과 결과에 아낌없는 조언과 충고를 해주신 김인규 박사님과 강태한 박사님께 감사드립니다. 새와 함께 열정적인 시간을 보낸 대학원 동기 신화용, 김성현과 그리고 고맙고 든직한 진선덕, 빙기창, 박치영, 김우열, 서슬기, 한승우, 이승연, 박창욱, 조숙영, 정상민, 임은홍, 임은환, 최성훈, 민신애 등 호남대 조류학실험실 선후배님들께 진심으로 고맙습니다.

직장생활을 하면서 연구와 모든 고민들을 함께 해주신 권순직 박사님과 연구가 수월하도록 지원해주신 (주)지오이앤이의 강신교 사장님, 강형권 소장님과 함께 생활했던 박세권, 송홍제, 오수길, 김수진, 이진희 연구원분들에게 감사드립니다. 또한 (주)도화엔지니어링 환경부의 박완섭 부서장님, 이주섭 부회장님, 김완희 전

무님, 김정현 전무님, 전상빈 상무님, 서민석 상무님, 생태팀원분들을 비롯한 모든 임직원분의 깊은 관심에 감사의 마음을 전합니다.

그리고 귀소성 연구를 진행함 있어 가락지를 제공해 주신 국립생물자원관의 허위행 박사님과 김화정 박사님께 감사드립니다. 체비 연구를 위해 기꺼이 건물에 자유롭게 출입을 허락해주고 격려를 해주신 유덕동의 50가구가 넘는 모든 주민 분들에게도 감사드립니다.

항상 불 때마다 응원해준 나준오, 최용선, 조형준, 강지현, 윤수연 친구들과 정동윤, 이윤서 동생들 고맙다.

이 세상에서 제일 높은 곳에서 항상 응원해주고 계실 아버지와 3남매를 키우시느라 늘 고생하시고 뽕 때마다 자식 걱정을 달고 사시는 어머니, 아직 한 번도 해드리지 못한 말, “아버지, 어머니 사랑합니다!” 그리고, 항상 뒤에서 묵묵히 응원해주시고 뒷바라지를 해주신 장인어른, 장모님, 두 분께는 어떤 감사의 말씀으로도 감사를 다 할 수 없을 것 같습니다. 그리고 어릴 때부터 저의 학업을 위해 양보와 온갖 노력을 아끼지 않으신 형님과 동생에게 많은 빛을 지고 있습니다. 앞으로 좋은 동생, 오빠가 되도록 노력하겠습니다. 그리고 묵묵히 성원해주신 처가의 형님 가족에게도 감사드립니다.

오늘이 있기까지 늘 좋은 벗으로 묵묵히 힘든 뒷바라지를 해준 아내 이기정에게 미안함과 감사의 말씀을 전합니다. 그동안 마음으로 진 빛을 언제까지 다 갚을 수 있을지 모르겠습니다. 언제나 저에게 힘을 준 윤아와 보성이에게 고마움을 전합니다. 늘 부족한 남편과 아빠였음에도 사랑으로 감싸준 우리 가족이 있기에 어떤 어려움도 이겨낼 수 있었습니다.

하나의 논문이 완성되기까지 정말 많은 사람들에게 도움을 받았다는 것을 알게 되었습니다. 모두 밝히지 못하였지만 저를 위해 관심과 애정을 가져주신 모든 분들께 감사를 드립니다. 앞으로 마음에 새기고 싶은 다짐을 고은 시인의 시 한편으로 글을 마치고 싶습니다.

그 꽃

내려갈 때 보았네
올라갈 때 못 본
그 꽃!

고은



2017년 6월.