

연구논문

우리나라에 번식하는 제비의 먹이자원에 관한 생태학적 연구

이 상 돈

이화여자대학교 공과대학 환경공학과
(2008년 11월 13일 접수, 2009년 6월 17일 승인)

Ecological Studies of Food Resources of Summer Breeding House Swallow (*Hirundo rustica*) in Korea

Sang-Don Lee

Dept. of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University
(Manuscript received 13 November 2008; accepted 17 June 2009)

Abstract

In Korea the population of breeding house swallow is continuously decreasing. In this regard this study was conducted to find out the overall population trend during 2001-2005. The areas of urban and rural sites were separated to estimate population. Also the sites in Yangpyung areas were chosen to compare population density between two sites during Mar-Aug, 2006. The house swallow had two breeding periods and I tried to correlated amount of days of incubation and number of eggs in the nest. After egg hatching the homing behavior also was estimated assuming lack of foods takes longer to bring foods back to the nest. This study signified that a long term study should be conducted for population change and spring arrival time due to climate change in Korea.

Keywords : breeding house swallow, food resources, nesting behavior, egg hatching

I. 서론

우리나라에 도래하는 제비(*Hirundo rustica*, barn swallow)는 한반도 전역에 널리 분포하며 봄-가을까지 번식하는 여름철새로 참새목(Passeriformes), 제비과(Hirundidae), 제비속(Hirundo)에 속한다. 제비는 전 세계적으로 분포하며, 8개의 아종으로 세분하여 분류하고 있다(Howard and Moore, 1980). 번식지는 유럽, 아시아 및 북미주 전역이며 월동지는 열대지방이다(원병오, 1981). 제비의 주된 서식지는 도심근교의 인가나 농촌지대이며 둥지는 처마 밑이나 교량 등에 진흙과 뱃짖을 이용하여 일반적으로 밥그릇 모양으로 만들고(원병오, 1981; Shields, 1984), 둥지의 바닥에는 마른풀, 풀뿌리 등을 깔며, 산란직전에는 깃털을 깬다. 산란기는 4월 하순에서 7월 하순까지이며, 대체로 연 2회 연속 번식한다. 번식이 끝난 6월 상순에서 10월 상순까지는 무리를 지어 과수원이나 갈밭을 잠자리로 하며(King and Dickinson, 1998), 그 후 월동지인 중국남부, 동남아, 뉴우기니, 호주, 서남 태평양제도 등으로 이동하는 것으로 알려져 있다(원병오, 1981; Lekagul and Round, 1991). 남하하기 전에 군집형성은 주로 해안지방을 중심으로 이루어지며(최인숙, 1998) 전깃줄 등에 소규모의 군집형성이 먼저 이루어진다. 제비는 최고 250km/h까지의 속력을 낼 수 있으며 가을철에는 먹이를 충분히 섭취한 이후 중국 남측으로 이주하는 종으로 알려져 있다.

외국에서는 제비는 진화생물학의 다양한 해답을 얻는 조류로 이용되었으며, 제비꼬리를 이용한 성선택설(sexual selection), 먹이자원분석을 통한 제비꼬리길이의 영향 등 제비에 관한 다양한 연구가 이루어졌다(Matyjasiak *et al.*, 2000; Matyjasiak *et al.*, 1999). 국내의 제비에 관한 연구로는 표식방조에 의한 계절적 분포(원병오 등, 1969)와 집단형성과 이동에 의한 연구(최인숙, 1998) 만이 있을 뿐이다. 최근에는 제비의 번식생태에 대한 연구(김인규와 함규황, 2001)가 있으나 번식하는 제비에 대한 둥지 및 알의 크기 및 무게에 대한 연구이며, 최근

에 우리나라를 찾는 제비의 수에 대한 연구는 미흡하다. 따라서 본 연구는 최근의 환경오염으로 인해 그 수가 급격히 감소하고 있는 제비에 대한 먹이자원의 연구를 수행함으로써 제비가 날라오는 봄철 서식환경과 봄 철새인 제비의 정량적인 관계를 규명하고, 환경부에서 지정한 환경지표종 10종 가운데 하나인 제비에 대한 먹이자원의 변화 및 밀도감소에 대한 연구를 수행하여 서식밀도감소에 대한 평가를 진행하고자 본 연구는 수행되었다.

II. 연구지역 및 조사방법

최근의 제비의 관찰이 잘 이루어지지 않고 있는 것으로 언론에 보고되고 있다. 우리나라에 심각해지고 있는 대기오염에 의한 결과라는 것이 그 원인이다. 하지만 이에 대한 구체적인 정량적인 연구는 아직 수행되지 않았다. 본 연구를 위해 충북지역 산림환경연구소(1998)의 자료를 습득하여 밀도변동에 대한 조사를 수행하였다. 본 연구는 또한 제비가 지속적으로 이용한 지역을 농경지역과 인가지역으로 구분하고 이들 지역에서 서식밀도의 차이가 다르게 나타나는 지에 대한 조사를 수행한다. 또한 제비가 만들어 놓은 둥지에 대한 알의 개수, 포란일을 산출하고 이들의 차이에 대한 변화를 파악한다. 알이 포란하게 되면 새끼들의 먹이를 공급하는 어미제비들의 귀소형태를 파악하고 이들이 먹이를 가져오는 비율을 산정하여 주변의 먹이자원에 대한 조사를 통해 먹이자원의 감소경향을 알아본다. 또한 최근의 밀도감소에 따른 농경지역과 거주지역과의 차이를 알아보고 제비의 서식에 필요한 곤충자원의 감소 및 서식지의 영향을 파악하는 것이 필요하다. 제비의 먹이자원에 대한 정량적인 연구는 먹이의 대부분이 우리주변에서 쉽게 파악이 되는 Diptera인 관계로 구체적인 먹이자원에 대한 정량적인 조사(곤충의 종다양성, 무게, 먹이공급비율, 곤충의 분류학적 연구)를 수행하고, 제비의 개체군 감소원인에 직접적인 영향에 대한 상관관계를 나타낸다. 따라서, 먹이를 물어오는 비율을 파악하여 둥지주변

의 서식환경을 파악하여 제비의 감소원인과 먹이자원의 이용에 대한 정량적인 연구가 보다 의미있는 것으로 생각되어 이에 대한 조사를 집중적으로 수행하였다.

본 조사지인 양평의 마을은 우리나라 대표적인 도시 및 시골이 복합한 지역으로 농경지가 주를 이루며 산림, 민가 등이 주를 이루는 것으로 나타났다. 제비의 먹이에 대한 빈도를 조사하였으며, 이들이 새끼를 부화한 직후 15일째부터 둥지를 사용하여 육안 및 쌍안경을 이용하여 이들의 활동을 관찰하였다. 암수의 모양은 수컷이 바깥꼬리가 좀더 길므로 확인이 되나, 인식을 쉽게 하기 위해 꼬리의 왼쪽에 흰색마커로 표시하여 암수의 구별을 보다 쉽게 하였다. 이들의 먹이자원에 대한 공급을 시간 대별로 구분하여 조사를 시도하였다. 이들을 포획하기 위하여 mist-net을 사용하였으며, 포획된 개체는 위의 방법으로 마커를 사용하여 재식별하기 용이하게 쉽게 만들었으며, 이를 통하여 이들의 재포획을 확인할 수 있도록 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 제비 밀도변화 관찰

충북 산림환경연구소(1998)의 미발표 자료에 의하면 조사면적 10ha 당 제비의 개체수는 10년전에 비해 5%에 불과한 것으로 나타났다(표 1).

위의 표는 대략적인 경향을 보이는 것이지만 우리나라에 도래하는 제비의 숫자가 지속적으로 감소하고 있는 것은 명백한 사실인 것으로 보인다. 이에 대한 원인으로는 1) 제비가 서식할 수 있는 초가집,

주변경작지, 하천지역의 감소 등 산업화로 인한 서식처의 감소한 것을 들 수 있으며, 2) 대기오염 등 오염매체의 증가로 인해 제비의 먹이자원의 감소, 3) 산란하는 산란개체수의 감소를 들 수 있고, 4) 곤충자원의 감소는 먹이밀도의 감소 및 종다양성의 감소를 들 수 있다.

2. 둥지의 포란수와 포란일에 대한 상관관계

제비의 급이 및 육추에 대한 관계를 파악하기 위해 급이의 횟수(frequencies)에 대한 조사를 수행하였다. 이들은 먹이를 물어오는 횟수에 의해 그 지역의 곤충서식에 대한 관계를 파악할 수 있기 때문이다. 부화 한 이후 2-3일 정도까지는 암컷이 키우며, 그 후에는 암컷과 수컷이 공동으로 부화한 새끼에게 먹이를 공급해 준다. 본 연구는 8월 10일에 부화한 지 10일 되는 둥지를 골라 오전 6시부터 오후 6시까지 관찰하였다. 둥지에 물어오는 곤충은 주로 Diptera이었으며 다른 종류로 Coleoptera, Lepidoptera와 같은 곤충을 먹이로 공급하는 것으로 나타났다. 먹이로 나타난 곤충류는 외국에서 연구된 곤충류의 사례와 비슷한 것으로 조사되었으며(Moller, 1994), 제비는 곤충 그룹들 중에서 보다 큰 곤충을 선호하는 것으로 나타났다.

3. 1차, 2차번식에 나타난 포란일과 알의 개수의 비교

제비는 주로 일년에 두차례 걸쳐 만들어진 둥지에 알을 포란한다. 알을 낳는 시기는 4월 중순-6월에 집중되며 이 기간에 모두 2차례에 걸쳐 알을 낳는 것으로 나타났다. 이들의 포란을 관찰하기 위해 모두 8개의 둥지를 조사하였으며, 이들은 4월 중순경에 1차 번식시기를 가지며, 5월에 한차례 번식시기를 가지는 것으로 조사되었다(그림 1). 이들 번식기간에는 암컷이 포란을 하였으며, 거의 대부분을 포란에 시간을 보내는 것으로 나타났다.

본 조사에 의하면 포란일은 1차번식기와 2차번식기에서 약간 다르게 나타나는 것으로 나타났다. 1차번식기에서 포란하는 알의 숫자는 4.0개(mean ± 0.54, n=8)인 것으로 조사되었으며, 2차번식기의

표 1. 우리나라에서 관찰되는 제비의 개체수의 감소경향

년 도	관찰 마리수(10ha)
1987	2,282
1988	2,340
1991	871
1992	382
1997	155
계	6,040

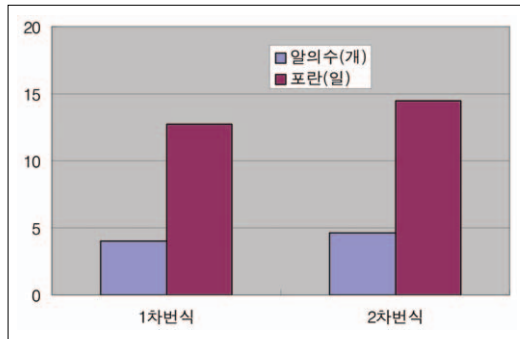


그림 1. 포란알의 개수(y 축) 및 포란일에 대한 1차, 2차번식기에 대한 그림. 각각의 알의 개수 및 포란일에 대한 비교는 유의한 것으로 나타났다($p < 0.05$)

알의 숫자는 $4.63(\text{mean} \pm 0.52, n=8)$ 인 것으로 나타났다. 1차, 2차 번식기에 있어 포란알의 숫자에 대한 통계는 유의한 것으로 조사되었으며, 1차보다 2차번식기에 경험의 증가 등으로 통해 포란개수의 증가로 보인다($\text{paired } t\text{-test, } df=7, p=0.02$). 따라서 포란에 따른 개수의 차이는 존재하며 1차번식기 보다는 2차번식기에 알의 개수가 증가하는 것으로 조사되었다. 본 연구결과는 유럽에서 조사된 포란갯수의 증가와 유사한 것으로 나타났다(Moller, 1987).

한편 포란일에 1차, 2차번식기에 대한 조사가 수행되었다. 포란일은 알을 낳는 시간부터 알이 부화되는 시간까지 측정하였으며, 1차 번식기의 평균은 12.8(days, $\text{mean} \pm 0.89$)로 조사되었으며, 2차 번식기의 평균은 14.5(days, $\text{mean} \pm 0.76$)인 것으로 나타났다(그림 1). 이들의 번식일은 통계적으로 유의한 것으로 조사되었다($\text{paired } t\text{-test, } df=7, p < 0.001$). 따라서 1차번식기와 2차번식기에 있어서 제비의 평균포란갯수와 평균부화일은 다르게 나타났으며, 1차번식기 보다는 2차번식기에 있어서 알의 개수가 증가하며 포란일도 따라서 증가하는 것으로 나타났다. 이는 1차번식기 보다는 2차번식기에 접어들면서 알을 낳는 수가 증가하며 포란일도 상대적으로 따라서 증가하는 것으로 나타났다. 1차 번식기는 봄철에 도래하면서 서식지에 대한 다양한 파악이 이루어지는 것으로 보이며 이들을 파악한 이후에 둥지를 만들고 산란하므로 이에 대해 1차번식기에는 상대적으로 적은 알을 낳는 것으로 보인다. 1

차번식기 이후에 2차번식기에는 알을 낳는 개수가 증가하면서 포란일도 증가하는 것으로 보인다. 이러한 결과는 유럽에서 번식하는 제비의 형태와 비슷한 경향을 보이는 것이라 할 수 있다(Moller, 2001).

4. 둥지조성에 따른 암수의 시간차이

둥지조성에 대한 시간적 차이의 파악 : 둥지의 확보는 봄철 우리나라에 도래할 때 수컷이 먼저 도착하는 것으로 알려져 있다(Shields, 1984, Leffelaar and Robertson, 1985). 이는 암컷보다 수컷이 먼저 에너지를 사용하여 둥지터를 확보하는 경쟁력을 가지고자 함이며, 둥지터를 확보한 후 짝을 지으면 둥지를 보수하거나 새로운 둥지를 짓는다. 이를 'Protandry'라 부르며 장거리 이동하는 철새에게 있어서는 번식지에 나타나는 중요한 행동으로 인식되어 있다. 새로 둥지를 만드는 데 걸리는 시간과 에너지를 절약하기 위함이다. 둥지를 조성하는 수컷은 짝짓기에 우월성을 가지면 암컷과 짝을 짓는 데 효과적이다(Moller, 2004). 먼저 도착한 수컷은 둥지를 먼저 만들기 시작하며 둥지를 중심으로 영역행동을 보인다. 둥지를 조성한 이후에는 암컷과 함께 둥지를 만든다. 제비가 도래하는 시기가 3월 말-4월 초이므로 이 시기로부터 둥지를 조성하여 암컷과 짝짓기를 시도한다. 둥지에 대한 조성시기는 1990년대에는 3월 초순에 둥지를 조성하였으나 90년대 이후에는 4월경에 조성하는 것으로 나타났다(김과 함, 2001). 하지만 이에 대한 정량적인 연구는 미흡한 실정이다. 현재 둥지의 구성에 따른 제비의 도래시기에 대한 long-term 연구가 필요하다.

5. 둥지에 귀소하는 성체의 먹이빈도 비율

제비의 둥지는 대부분 둥근 접시(bowl)모양의 둥지로 암수가 공동으로 먹이를 공급하며 새끼는 먹이를 직접 공급받는다. 이전의 연구에 의하면 먹이 자원의 공급은 둥지에 위치한 생태지역의 현황과 밀접한 관계를 가진다. 먹이자원이 풍부할 경우 먹이를 물어오는 빈도가 높을 것으로 예상되며, 먹이 자원이 부족할 경우 먹이를 물어오는 빈도가 감소

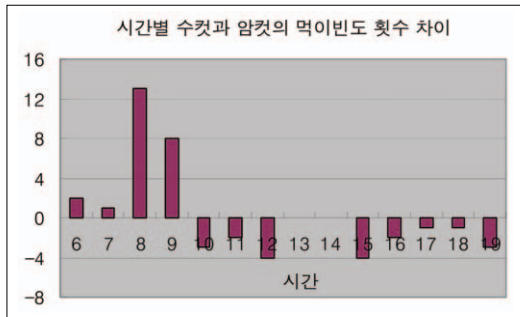


그림 2. 동지에 귀소하는 제비가 먹이를 물어오는 귀소횡수에 따른 차이에 대한 그림. 시간별 수컷과 암컷의 먹이빈도에 대한 횡수차이에 대한 것으로 y축은 빈도 횡수이며 (수컷-암컷)의 차이로 표시한다

할 것으로 예상된다. 따라서 아래의 가설에 대한 검증이 가능하다.

암컷은 알을 낳고 이의 부화를 책임진다. 산란후 5일 정도는 암컷이 알을 품고 있으며 5일 정도 지난 후에는 암컷이 포추하지 않고 급이 횡수가 증가하게 된다.

위에 대한 연구를 위해 부화한 후 약 10일이 경과한 동지를 조사하고 이들의 먹이 공급에 대한 빈도를 조사한다. 먹이빈도 조사를 위해서 오전 6시부터 오후 6시까지 12시간동안 관찰을 실시하였다. 관찰을 위해 암컷과 수컷의 동지빈도 관찰을 구분하고 이들 중을 관찰하여 시간 및 암수간의 먹이공급 빈도에 대한 차이를 정량적으로 검토한다. 위의 가설 규명을 위해 동지에 먹이를 공급받는 시간에 대한 정량적 관찰(time budget monitoring)을 실시한다. 정량적 관찰은 동지주변에 숨을 곳(blind)을 설치하여 먹이를 공급하는 빈도를 측정한다(Matyjasiak *et al.*, 1999, 2000). 전체 먹이빈도 횡수는 수컷이 119회, 암컷이 115회로 총빈도수에 있어서는 별다른 차이를 보이지 않았다. 하지만 이들이 먹이를 물어오는 시간대별 차이는 크게 존재하는 것으로 파악되었다(그림 2).

두 집단간의 먹이를 물어오는 빈도의 차이는 존재하는 것으로 나타났다(F -value=4.01, df =13, p =0.008). 즉 암컷은 수컷에 비해 먹이를 물어오는 빈도가 적게 나타났으며, 수컷의 먹이빈도는 암컷에 비해 높게 나타났음을 알 수 있다. 이들 집단에

대한 시간의 차이도 역시 존재함을 알 수 있다. 즉, 오전에 먹이를 물어오는 비율과 오후에 먹이를 물어오는 비율의 차이가 존재하며 이러한 차이는 먹이를 가져오는 암컷과 수컷에 대한 차이이다. 먹이의 존재가 이러한 차이에 영향을 미치는 데 오전에 먹이를 찾을 확률이 높은 것이 이유라 할 수 있다. 우리의 일반적인 상식으로도 이러한 해석이 가능하다. 먹이를 물어오는 제비는 오전에 가장 활발하게 나타날 수 있기 때문이다.

암컷과 수컷의 먹이를 공급하는 빈도횡수에 대한 차이를 조사한 결과 이들은 오전에 먹이를 물어오는 횡수가 많은 반면 10시를 넘어서는 먹이를 물어오는 횡수가 급격히 감소됨을 알 수 있다. 또한 먹이를 물어오는 횡수에서 수컷은 암컷에 비해 빈도수가 오전에 월등하게 높음을 알 수 있다. 먹이자원의 풍부한 지역은 암수의 동지에 도착하는 시간이 높게 나타난다. 하지만 암컷과 수컷의 시간에 따른 차이는 존재하지 않는 것으로 나타났다(F -value=0.06, p >0.05).

IV. 결론 및 요약

우리나라에 봄철에 도래하는 제비는 이의 문화적, 생태적 관점에서 많은 관심을 끈다. 제비는 우리나라에 대략 3월 말경에 도래하여 8월까지 번식하거나 새끼를 돌보고 겨울철에 동남아시아에 돌아가는 우리나라의 대표적인 여름철새이다. 최근에는 제비의 개체수에 대한 감소 우려가 여러곳에서 언급되고 있다(Moore 2001). 우리나라도 제비 개체군에 대한 감소가 예외가 아니어서 봄철에 제비의 감소를 우려하고 있다. 본 연구는 이에 대한 정량적인 분석을 시도하였다. 농경지의 감소는 제비의 밀도와 높은 상관관계를 가지는 것으로 조사되었다. 농경지(목초지)의 감소는 농촌지역에 출현하는 조류의 감소로 이어졌으며, 이런 추세는 제비의 감소로 나타났다(Moller, 2001).

먼저 제비의 귀소에 대한 장기연구를 수행하기 위하여 충북 산림환경연구소(1998)의 자료를 입수

하여 농촌지역과 인가지역에 대한 제비의 개체수에 대한 분석을 실시하였다. 이런 자료는 제비의 전체 개체수의 감소에 중요한 단서가 되므로 보다 정량적으로 세분화할 필요가 있다. 또한 제비의 밀도감소에 대한 경향을 파악하기 위하여 경기도 양평부근에 이들에 대한 현장연구를 2006년 3월-8월에 걸쳐 실시하고 조사결과를 작성하였다. 번식생태는 1차번식과 2차번식을 하며 이들의 번식형태에 대한 내용을 파악하기 위해 제비가 날아오는 우리나라 경기도 양평 부근지역에서 조사를 수행하였다. 제비 둥지에 대한 연구는 일차적으로 둥지의 알의 개수와 포란일의 상관관계를 밝히는 연구를 수행하였다. 또한 유추후에 성체의 먹이를 물어오는 귀소행동에 대한 빈도분석 등을 실시하였다.

제비는 우리나라 국민의 정서상 매우 중요한 동물로 간주되고 있다. 본 연구는 이들 제비에 대한 귀소 및 장기 개체군변동에 대한 연구를 수행하였다. 또한 최근에 제비의 봄철 도래시기와 관련하여 지구온난화에 따른 제비의 도래시기에 대한 연구가 활발하게 언급되고 있다. 이번에 연구한 자료를 기초로 하여 봄철도래시기와 지구온난화에 대한 상관관계에 대한 연구가 지속적으로 필요하다. 이를 위해 시간적으로 지구온난화가 가속되는 시기인 1980년대 이후에 도래하는 시기에 대한 자료를 분석하여 이들이 도래하는 시기와 지구온난화에 대한 연관관계가 중요하다. 또한 1920년부터 축적된 제비의 귀환시기에 대한 지구온난화와와의 상관관계를 밝혀 이들이 매년 일찍 도착하는 것을 확인할 수 있다. 지구온난화가 식물뿐만 아니라 다른 생물종에게 광범위하게 영향을 미친다는 증거이다.

생태모니터링을 위한 지표종으로 활용방안을 모색하고 전국에 제비의 둥지조성 및 서식지활용방안에 대한 장기적인 연구가 필요하다. 제비는 우리나라 환경부를 비롯한 서울시와 같은 지방자치단체의 생태지표종(bio-monitoring species)이므로 본 연구를 통해 수집된 자료는 향후 복원계획을 수립하는데 좋은 기초자료로 활용될 수 있게 된다.

사 사

본 연구는 수자원지속적확보기술개발사업단(SWRRC, 1-0-3) 및 학술진흥재단의 기초연구지원 과제(KRF-2006-D00626)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- 김인규, 함규황, 2001, 제비(*Hirundo rustica*)의 번식생태에 관한 연구. 한국조류학회지, 1, 1-9.
- 원병오, 1981, 한국동식물도감 동물편(조류생태). 삼화서적주식회사 pp.792-799.
- 원병오, 우한정, 구태희, 윤무부, 1969, 표식방조에 의한 한국산 철새집단의 계절적 분포와 그의 생태(II). 경희대학교 논문집, 6, 305-346.
- 최인숙, 1998, 제비 *Hirundo rustica*의 번식 및 이동집단형성 행동에 관한 연구. 공주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- Howard, R. and A. Moore, 1980, A complete checklist of the birds of the world. Oxford University Press. pp.349-353
- King, B. F. and E. C. Dickinson, 1998, Birds of southeast Asia. Periplus Ed.
- Lekagul, B. and P. D. Round, 1991, A guide to the birds of Thailand. Darnsutah. 1-234pp.
- Lehikoinen, E., T. H. Sparks, and M. Zalakevicius, 2004, Arrival and departure dates. Pp. 1-28 in Birds and climate change. Edited by A.P. Moller, W. Fielder, and P. Berthold. Academic Press.
- Leffelaar, D. and R. J. Robertson, 1985, Nest predation and female competition for breeding opportunities by tree swallows. Wilson Bulletin, 97, 221-224.
- Matyjasiak, P., P. G. Jablonski, G. Lejniczak, and

- P. Boniecki, 2000, Imitating the initial evolutionary stage of a tail ornament. *Evolution*, 54, 704-711.
- Matyjasiak, P. P. G. Jablonski, G. Lejniczak, P. Boniecki, and S. D. Lee, 2000, Examining the cost of experimentally imitated ornaments. *Ethology*, 106, 665-668.
- Matyjasiak, P. P. G. Jablonski, G. Lejniczak, P. Boniecki, and S. D. Lee, 1999, Foraging cost of a long tail ornament: an experiment with sand martin females. *Ethology*, 105, 521-530.
- Moller, A. P., A. Barbosa, J. Cuervo, J. deLope, and F. Merino, 1998, Sexual selection and tail streamers in the barn swallow. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 265, 409-414.
- Moller A. P., 1987, Advantages and disadvantages of coloniality in the swallow, *Hirundo rustica*. *Animal Behavior*, 35, 819-832.
- Moller, A. P., F. deLope, and N. Saino, 1995, Sexual selection in the barn swallow *Hirundo rustica*. VI. Aerodynamic adaptations. *Journal of Evolutionary Biology*, 8, 671-687.
- Moller, A. P., 2001, The effect of dairy farming on barn swallow *Hirundo rustica* abundance, distribution and reproduction. *Journal of Applied Ecology*, 38, 378-389.
- Moller, A. P., 2004, Protandry, sexual selection and climate change. *Global Change Biology*, 10, 2028-2035.
- Moore, P. D., 2001, Dairy declines hard to swallow. *Nature*, 411, 904-905.
- Shields, W. M., 1984, Factors affecting nest and site fidelity in Adirondack barn swallow (*Hirundo rustica*). *Auk*, 101, 780-789.
- Terbough, J., 1989, Where have all the birds gone. Princeton University 1-207pp.

최종원고채택 09. 06. 18