

제주도에서 팔색조 번식지 특성에 따른 지렁이 밀도 비교 연구

김은미¹⁾ · 최형순¹⁾ · 강창완²⁾ · 민동원³⁾ · 양은정⁴⁾ · 오미래³⁾

¹⁾ 국립산림과학원 난대아열대산림연구소 · ²⁾ 한국조류보호협회 제주지회

³⁾ 제주야생동물구조센터 · ⁴⁾ 제주대학교 생물학과

Comparative Studies on Earthworm Density by Breeding Place Characteristics of Fairy Pitta on Jeju Island

Kim, Eun-Mi¹⁾ · Choi, Hyung-Soon¹⁾ · Kang, Chang-Wan²⁾ · Min, Dong-Won³⁾

Yang, Eun-Jung⁴⁾ and Oh, Mi-Rea³⁾

¹⁾ Warm-temperate and Subtropical Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, Jeju 697-050, Korea,

²⁾ The Korea Association For Bird Protection Jeju Branch, Jeju 697-340, Korea,

³⁾ Jeju Wildlife Rescue Center, Jeju 690-121, Korea,

⁴⁾ Department of Biology, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea.

ABSTRACT

Fairy Pittas use the forest around the valley and Gotjawal as breeding places. This survey was conducted to investigate the characteristic of earthworms, specifically its population density, body size around the breeding site in Gotjawal and the forest around the valley areas from the middle of July to the end of July 2013. A total of 405 individual earthworms were collected in the 100 small established quadrats, in which 315 were found in Gotjawal and 90 were found in the forest around the valley area. The density of earthworms in Gotjawal was significantly higher compared to that forest around the valley area. It was also observed that the body size of earthworms was significantly different between Gotjawal and the forest around the valley area. Proportion of number of individuals which are larger than 7cm in body size was 43%(n=135) in Gotjawal and 84%(n=76) in the forest around the valley area, respectively. Soil area was not important factor to the density of earthworms.

First author : Kim, Eun-Mi, Warm-temperate and Subtropical Forest Research Center,
Tel : +82-64-730-7281, E-mail : kptta@naver.com

Corresponding author : Kim, Eun-Mi, Warm-temperate and Subtropical Forest Research Center,
Tel : +82-64-730-7281, E-mail : kptta@naver.com

Received : 5 August, 2014. **Revised** : 23 September, 2014. **Accepted** : 27 September, 2014.

We suggest that Gotjawal can be considered as a suitable breeding site for Fairy Pitta because of the richness of its primary food in this area.

Key Words : *Gotjawal, Earthworms, Fairy Pitta, Breeding place, Quadrat.*

I. 서론

팔색조는 우리나라에 5월 중하순에 찾아와서 번식하는 여름철새로, 독특한 환경을 번식지로 선택하는 종이다. 번식지 특성을 살펴보면, 상록활엽수림대지역으로 하부는 부엽층이 두껍고 습도가 높을 뿐 아니라 광도가 낮으며 어둡고 숲 내에서 꼭대기 층을 보았을 때 하늘이 거의 보이지 않을 정도로 울창한 계곡주변이나 원시림이 팔색조 서식에 적합한 환경을 제공한다고 하였다(Bang et al., 2004; Kim, 2006). 그리고 하부식생은 피도가 30~60%로 빈약하며(Han et al., 2007), 제주조릿대가 자라지 않는 지역을 번식지로 이용한다고 하였다(Kim, 2006). 현재 제주도에서 팔색조는 60쌍 정도 번식하는 것이 확인되었는데 대부분 계곡 주변 숲을 번식지로 이용하였고 나머지는 계곡 이외에 곳자왈에서 번식을 하였다(Kim, 2014). 대표적인 팔색조 번식지로서 계곡주변 숲과 곳자왈은 식생면에서 유사한 환경조건을 가지고 있지만 토양의 구성과 관련해서 큰 차이를 보이고 있다. 곳자왈은 지표면에 크고 작은 암괴들이 불규칙하게 흩어져 있는 지역이 많고 토양의 발달이 빈약한 지역이다(Jeon et al., 2012).

동물들이 생명을 유지하기 위한 중요한 활동은 여러 가지가 있겠지만, 그중 먹이 자원은 매우 중요한 환경적 제한요인이다(Newton, 1998). 먹이를 구하기 위한 서식지의 선택은 동물의 생존에 있어 매우 중요한 활동으로 먹이자원의 확보는 번식에 큰 영향을 미칠 것이다(Yoo et al., 2008). 지렁이는 팔색조가 번식기 동안 새끼를 키우기 위한 먹이 중 70% 이상을 차지한다

(Kim et al., 2012a; Lin et al., 2007). 지렁이는 팔색조의 번식 성공에 절대적인 영향을 미치는 먹이로 간주되며 지렁이의 생육이 어려운 환경은 팔색조가 번식지로 선택하지 않을 가능성이 높다. 따라서 곳자왈을 번식지로 이용한다면 토양의 발달이 빈약한 곳자왈에서 지렁이가 생육하기에 적합한지, 새끼를 먹일 수 있을 정도로 충분한 지렁이가 존재하는지 등 살펴볼 필요가 있다. Kim(2013)은 향후 곳자왈을 한라산 계곡 숲을 대체할 번식지로서 중요한 위치에 있다고 보고하였는데 대체 번식지로서의 역할을 제대로 수행할 수 있는지 여부 또한 주요 먹이자원인 지렁이의 풍부도에 달려있다고 판단된다.

본 연구에서는 계곡 주변 숲과 기존에 조사가 수행되지 않았던 곳자왈을 포함하여 팔색조의 번식지에서 팔색조 새끼의 먹이로서 지렁이 밀도를 파악하였고 계곡 주변 숲과 곳자왈 간 지렁이 밀도 및 크기를 비교함으로써 서식조건이 다른 두 지역 간에 지렁이 밀도에 있어 차이를 보이는지에 대해 살펴보고자 한다.

II. 재료 및 연구방법

1. 연구장소 및 시기

본 연구는 제주특별자치도 제주시 한경면 청수리(해발 약 120m; N33°18', E126°16')와 제주시 조천읍 선흘리(해발 약 110m; N33°31', E126°42')에 위치한 곳자왈과 서귀포시 남원읍 한남리에 위치한 제주시험림(해발 약 380m; N33°21', E126°39')의 계곡주변 숲에서 2013년 7월 중순부터 하순까지 진행되었다(Figure 1). 7월 중순부터 하순까지는 팔색조가 새끼를 키

우는 주요 기간으로 지렁이 개체수의 풍부한 정도가 팔색조의 번식에 영향을 미치는 시기이다. 청수리와 선흘리의 꽃자왈과 제주시험림은 모두 종가시나무(*Quercus glauca* Thunb.), 붉가시나무(*Quercus acuta* Thunb.), 구실잣밤나무(*Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatus.) 등 상록 활엽수림으로 이루어진 산림지역이었다. 방형구는 팔색조의 둥지가 있거나 먹이를 잡는 모습을 목격한 장소를 주요 조사 지역으로 선정하여 설치하였다. 팔색조가 번식하는 꽃자왈과 제주시험림의 계곡주변 숲, 크게 2개 지역으로 나누었고, 각 지역 내 10m×10m(100m²)의 방형구 총 20개를 설치하였다. 다양한 환경을 대표하기 위해 100m 이상의 거리를 두고 방형구를 설치하였다.

2. 지렁이 채집 및 외부크기 측정

지렁이 채집에 앞서 각 방형구 내에 토양면적 비율을 확인하였고 각 방형구내 다섯 지점을 선정하여 1m×1m 소방형구를 설치하고 지렁이를 채집하였다. 채집 방법은 손으로 잡기(hand sorting)와 파기(digging)를 병행하였고(Hong and Kim, 2009) 팔색조의 먹이 잡는 습성과 부리길이를 고려하여 낙엽층을 포함한 5cm 깊이까지의 지렁이만을 대상으로 하였다. 번식기에 팔색조가 새끼에게 먹이는 먹이연구에서 지렁이의 길이가 언급되었었기 때문에 이번 조사에서 지렁이의 외부 측정치로 길이와 폭을 이용하였다. 지렁이는 외부크기 측정을 위해 채집 후 공기가 통하지 않는 밀폐된 용기에 일정시간 놓아두고 움직임이 둔해 진 후 길이와 폭을 측정하였다.

3. 통계분석

꽃자왈과 계곡주변 숲 사이의 지렁이 밀도 및 지렁이 외부측정치의 차이에 대한 변인을 가지고 t-검정(t-test)을 실시하여 비교하였다. 토양면적비율과 지렁이 서식여부의 관련성을 알아보고자 상관분석을 실시하였다. 전 통계분석과

정은 SPSS(v.12, SPSS Inc., Chicago, IL., USA)를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 지렁이 밀도 조사

꽃자왈 지역 50개, 계곡주변 숲 50개 등, 총 100개의 소방형구에서 405개체의 지렁이가 채집되어 방형구당 4.1(±4.4)개체의 지렁이가 서식하였다. 과거 팔색조가 번식하는 곳에서의 지렁이 밀도는 방형구 당 평균 4.2(±1.2)개체가 채집되어 이번 조사결과와 유사하였다(Kim et al., 2003). 이번 조사지역은 낙엽층의 두께와 지렁이 밀도가 팔색조가 번식하기에 충분한 조건을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 과거 조사에서는 표층이 암석으로 덮여 있는 환경, 즉 꽃자왈이 조사지에서 누락되어 있었기 때문에 이번 조사결과가 유사하다고 해도 두 지역 간 지렁이 밀도에 대한 비교가 필요하다고 판단된다.

이번 조사에서 꽃자왈에서 315개체, 계곡주변 숲에서 90개체가 채집되었다. 계곡주변 숲에서 지렁이 밀도는 기존 조사결과보다 적게 나타났는데 이는 조사기간 가뭄과 관련이 있어 보인다. 2013년 하절기에 중산간 지대는 59일간 가뭄이

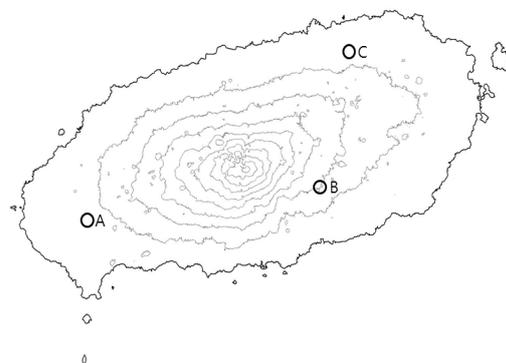


Figure 1. The map of survey site on Jeju Island(A: Hangeong-myeon Cheongsu-ri, B: Namwon-eup Hannam-ri, C: Jocheon-eup Seonheul-ri).

Table 1. Earthworms' density in breeding place.

	Gotjawal	Forest around valley	Total
Individual No.	315	90	415
Average±SD	6.3 ^a ±5.2	1.8 ^b ±1.5	4.1±4.4

^a and ^b were significantly different.

지속되었고(Jeju Special Self-governing Province, 2014), 대만에서는 2002년 가뭄으로 인해 지렁이 풍부도가 감소했다는 보고가 있듯이(Lin et al., 2007) 가뭄으로 인해 지렁이의 생육은 물론 출현이 적었다고 판단된다.

곶자왈에서 채집된 지렁이 밀도와 계곡주변 숲에서 채집된 지렁이 밀도는 유의한 차이를 보였다($t= 5.865$, $P<0.01$, $n=415$, Table 1). 곶자왈에서 지렁이 밀도는 계곡주변 숲보다 월등히 높았고 과거 조사결과인 4.2개체보다 높게 나타났다. 곶자왈은 지표면에 크고 작은 암괴들이 불규칙하게 흩어져 있는 지역들이다. 주로 용암류 대지에 분포하며 토양층위의 형성이 매우 빈약하거나 유효토심이 매우 얇아 농사를 지을 수 없어 예전부터 썰감을 얻는 장소나 방목지로 이용되어 왔다(Jeon et al., 2012; Ko et al., 2012). 그리고 곶자왈의 높은 투수율은 비가 직접 땅속으로 투과되어 풍부한 지하수를 만드는 원천이 된다(Song, 2003a; Song, 2003b). 이번 조사 결과는 곶자왈이 지렁이가 살기에 부적합한 환경조건임에도 불구하고 지렁이가 풍부하게 생육하고 있음을 나타낸다. 특히 지렁이는 몸이 건조해지면 죽게 되며, 먹이보다는 서식지의 토양수분 조건이 생존에 더욱 중요하게 작용한다(Na et al., 2000). 곶자왈은 쓰러진 나무의 생육이 가능할 정도로 습도가 높은 환경특성을 가지고 있어(Kim et al., 2012b) 체중의 75-90%가 물로 되어 있으며 피부호흡에 의존하는 지렁이의 생육을 위한 서식지의 수분 조건을 충족시킨다고 판단된다(Grant, 1955). 또한 지렁이 분포에 가장 영향을 미치는 것은 유기물 함량으로(Kim

et al., 2009), 곶자왈은 토양 중 유기물, 총 질소, 유효인산함량이 매우 높게 나타나(Ko et al., 2012) 영양분에 있어서도 지렁이가 생육하기에 적합한 조건을 가지고 있다고 판단된다.

2. 지렁이 크기 비교

두 지역에서 채집된 지렁이의 외부크기를 측정 한 결과, 곶자왈에서 채집한 지렁이 길이($6.6\pm 3.2\text{cm}$)와 계곡주변 숲의 지렁이 길이($9.2\pm 2.4\text{cm}$) 사이에는 유의한 차이가 있었다($t= -7.184$, $P<0.01$, $n=405$). 또한 채집한 지렁이 폭에서도 차이를 나타냈으며($t= -9.380$, $P<0.01$, $n=405$), 곶자왈에서 채집된 지렁이 폭($2.8\pm 1.5\text{mm}$)이 계곡주변 숲에서 채집된 지렁이 폭($4.4\pm 1.3\text{mm}$)보다 작았다. 팔색조가 새끼에게 먹이는 지렁이의 평균 길이는 약 7cm로(Kim et al., 2012a), 7cm 이상의 지렁이 비율은 곶자왈에서 43%($n=135$), 계곡 주변 숲에서 84%($n=76$)로, 곶자왈에서는 지렁이 크기가 7cm 미만인 작은 개체들이 많았던 반면 계곡주변 숲에서는 상대적으로 7cm 이상인 지렁이가 많았다(Figure 2).

곶자왈은 계곡주변 숲보다 소방형구 당 지렁이 밀도가 높아 양적으로는 팔색조가 새끼를 키우는 데 계곡주변 숲보다 더 적합하다고 판단된다. 조류에 있어 번식은 생명과 관련된 문제로, 자식에게 자원을 투자하는 것과 자신의 생존을 위해 자신에게 자원을 투자하는 것 사이에는 끊임없이 균형을 맞춰야 하는데(Williams, 1966), 양질의 먹이를 확보한다면 새끼를 키우는 데 소모되는 에너지를 줄일 수 있을 것이다. 팔색조가 새끼에게 먹이는 지렁이의 평균크기는 약

7cm로(Kim et al., 2012a), 7cm 이상의 크기를 가지고 있는 지렁이를 양질의 지렁이라고 볼 때 꽃자왈은 43%(n=135)가, 계곡주변 숲은 84%(n=76)가 이에 해당되었다. 꽃자왈은 지렁이 밀도가 계곡주변 숲에 비해 월등히 높지만 양질의 지렁이가 차지하는 비율은 계곡주변 숲에 비해 현저히 떨어지는 경향을 보였다. 하지만 7cm 이상의 지렁이가 차지하는 절대적인 수치를 고려했을 때 양질의 지렁이가 꽃자왈에서 서식한다는 것을 확인할 수 있었다.

3. 토양면적 비율과 지렁이 밀도와의 관계

토양면적과 지렁이 밀도와의 관련성을 확인하기 위해 상관분석을 한 결과, 상관관계가 없는 것으로 나타나($P=0.064$) 조사지역 내에서 방형구 내 토양면적이 차지하는 비율이 높다고 해서 지렁이 밀도가 높은 것은 아니었다(Table 2).

일반적으로 토양 중에 사는 대표적인 토양생물인 지렁이는 토양면적 비율이 높아짐에 따라 밀도 또한 높아질 것으로 예상되는데, 이번 조사 결과는 토양면적 비율과 지렁이 밀도 간에는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 지렁이는 습기가 없는 사막, 영구히 눈과 얼음으로 덮힌 지역, 흙과 식물체가 없이 바위만으로 이루어진 산, 소금끼가 많은 해변가 등을 제외하고 세계 어느 지역에서나 서식할 수 있듯이(Edwards and Bohlen, 1996) 지렁이의 서식조건으로 토양도 중요하지만, 토양 외적인 조건 즉, 기온, 습도 등 기후적인 요인, 유기물 함량 등 다양한 요인에 의해 지렁이의 서식이 좌우되기 때문에 단순히 토양면적 비율만을 가지고 지렁이의 많고 적

음을 논의하는 데는 한계가 있다고 판단된다.

IV. 결 론

팔색조는 대부분 계곡주변 숲을 번식지로 이용하였고 나머지는 계곡 이외에 꽃자왈에서 번식을 하였다. 2013년 7월 중순부터 말까지 꽃자왈과 계곡 주변 숲의 팔색조 번식지에서의 지렁이 조사를 통해 두 지역 간 지렁이의 밀도 및 크기를 비교하였다. 총 100개의 소방형구에서 405개체의 지렁이가 채집되었고, 이 중 꽃자왈에서 315개체, 계곡 주변 숲에서 90개체가 채집되었다. 꽃자왈에서 채집된 지렁이 밀도와 계곡 주변 숲에서 채집된 지렁이 밀도 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고 두 지역에서 채집된 지렁이의 크기를 측정 한 결과, 길이와 폭에서도 차이가 있었다. 7cm 이상의 지렁이 비율

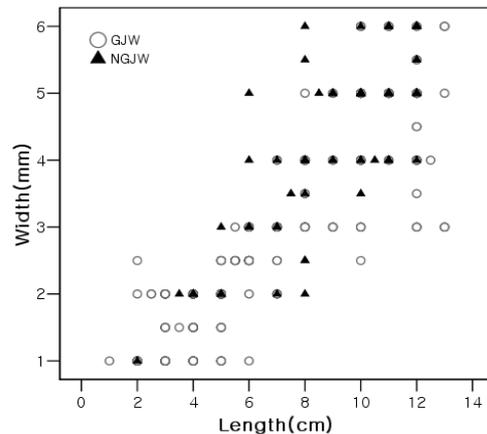


Figure 2. The distribution of earthworms' size(GJW: Gotjawal area, NGJW: Forest around valley).

Table 2. Proportion of soil area at quadrat in Gotjawal vs. Forest around valley. (unit: %)

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Gotjawal	30	10	30	30	40	60	30	40	40	40
Forest around valley	90	60	80	90	30	70	70	95	90	70

Q: Quadrat

은 꽃자왈에서 43%(n=135), 계곡주변 숲에서 84%(n=76)였다. 방형구 내 토양면적이 차지하는 비율이 높다고 해서 지렁이 밀도가 높은 것은 아니었다. 팔색조의 번식지 이용과 관련해서 꽃자왈이 적합한 장소라고 판단된다. 현재 팔색조의 번식지는 해발 400~600m 지역에 집중되어 있으며(Kim et al., 2003) 이들 지역은 골프장, 리조트, 농경지 등으로 개발되고 있어 팔색조의 번식지가 훼손될 가능성이 높기 때문에 새로운 번식지를 탐색할 필요성이 그 어느 때보다 높다고 할 수 있다. 꽃자왈은 과거 땀감이나 목장 지대로 심각한 훼손을 겪었지만 현재는 독특한 생태계나 지질지형학적인 측면으로 인해 학계의 관심 대상이 되고 있고 환경보호 측면에서도 일반인들의 공감대를 얻고 있어 개발에 따른 서식지 훼손에 대한 우려가 적기 때문에 팔색조가 선호하는 번식지로서 이용될 가능성이 높다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 국립산림과학원 리서치 펠로우십의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

References

- Bang KJ · Kim KD · Kang HK and Ju JH. 2004. Habitat Characteristics and Vegetation Structure of the Evergreen Fern in Jejudo, Korea. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech. 7(3): 64-72.
- Edwards, P. J and Bohlen, P. J. 1996. Biology and ecology of earthworms. 3th ed. Chapman & Hall, London.
- Grant, W. C. 1955. Studies on moisture relationships in earthworms. Ecology 36: 400-407.
- Han BH · Kim JY · Choi IT and Lee KJ. 2007. Vegetation Structure of Evergreen Broad-Leaved Forest in Dongbaekdongsan(Mt.), Jeju-Do, Korea. Kor. J. Env. Eco. 21(4): 336-346.
- Hong Y and Kim TH. 2009. The Earthworm Composition in Agroecosystem of Sunyu Island, Korea. Korean J. Environ. Biol. 27(2): 135-139.
- Jeju Special Self-Governing Province. 2014. 2013 Waterworks Drought White Paper. Jeju Special Self-Governing Province Water Management headquarter, jeju.
- Jeon YM · Ahn US · Ryu CG · Kang SS and Song ST. 2012. A review of geological characteristics of Gotjawal terrain in Jeju Island: Preliminary Study. Journal of the Geological Society of Korea 48(5): 425-434.
- Kim EM. 2014. Study on Conservation Biology of the Endangered species, Fairy Pitta *Pitta nympha*. Ph. D Thesis of Jeju National University.
- Kim EM. 2006. Report of survey and study of Hallasan Natural Reserve in 2006(The Distribution and Breeding Ecology of Fairy Pitta(*Pitta nympha*) on Mt. Halla, pp. 533-545). Research Institute for Mt. Halla, Jeju Special Self-Governing Province, Jeju.
- Kim EM · Oh HS · Kim SB and Kim WT. 2003. The distribution and habitat environment of Fairy Pitta (*Pitta nympha* Temminck & Schlegel) on Jeju Island, Korea. Korean J. Ornithology 10(2): 77-86.
- Kim EM · Park CR · Kang CW and Kim SJ. 2012a. The nestling diet of fairy pitta *Pitta nympha* on Jeju Island, Korea. Open Journal of Ecology 2(4): 178-182.
- Kim JS · Ko SH · Kim DS and Jin SY. 2012b. Soil Microbial Diversity in Gotjawal, Jeju. The 2012 Proceeding of Korean Society of Soil Science and Fertilizer Fall Conference, 134.

- Kim TH · Hong Y and Choi NJ. 2009. Selection of Earthworm for Bioindicators in Agroecosystem. Korean J. Environ. Biol. 27(1): 40-47.
- Kim WB. 2013. The Report of Gotjawal Environment Resource Survey(The Bird of Gotjawal). Research Institute for Mt.Halla, Jeju Special Self-Governing Province, Jeju.
- Ko SH · Kim JS · Kim DS · Koh JG and Hyun HN. 2012. Soil Properties of the Seonheul and Aeweol Gotjawal Terrain in Jeju Island. The 2012 Proceeding of Korean Society of Soil Science and Fertilizer Fall Conference, 133.
- Lin RS · Yao CT and Lee PF. 2007. The Diet of Fairy Pitta *Pitta nympha* Nestling in Taiwan as Revealed by Videotaping. Zool. Stud. 46(3): 355-361.
- Na YE · Hong Y · Lee SB · Koh MH and Ahn YJ. 2001. Earthworm Abundance and Species Composition in the Heap of Compost, Wild-grass and Sewer. Korean Journal of Soil Zoology 6: 11-16.
- Na YE · Lee SB · Han MS · Kim SG and Choi DR. 2000. Soil Properties influencing on Earthworm Habitation in Upland. Korean Journal of Soil Zoology 5(2): 165-168.
- Newton, I. 1998. Population Limitation in Birds. Academic Press, London, UK.
- Song ST. 2003a. Lavas in Gotjawal terrain, Jeju Island, Korea No. 3. Doneori Gotjawal Lava. J Basic Sciences, Cheju Nat'l Univ 16(1): 47-55.
- Song ST. 2003b. Lavas in Gotjawal terrain, Jeju Island, Korea No. 4. Byeongak Gotjawal Lava. J Basic Sciences, Cheju Nat'l. Univ. 16(1): 57-63.
- Williams, G. C. 1966. Natural Selection, the Costs of Reproduction, and a Refinement of Lack's Principle. The American Naturalist 100: 687-690.
- Yoo SH · Kim IK · Kang TH · Yu JP · Lee SW and Lee HS. 2008. Wintering Bird Community in Cheonsu Bay and the Relationship with Food Resources. Kor. J. Env. Eco. 22(3): 301-308.