

지리산 지역에서 곤줄박이의 고도별 알 크기와 한배산란수의 변화

이종구¹ · 정옥식^{1*} · 이우신¹ · 박종영² · 강상호² · 하기호² · 박창원²

¹서울대학교 산림과학부, ²서울대학교 남부 학술림

Change in Egg Size and Clutch Size of Varied Tit (*Parus varius*) with Elevation in Mt. Jirisan

Jong-Koo Lee¹, Ok-Sik Chung^{1*}, Woo-Shin Lee¹, Jong-Young Park², Sang-Ho Kang², Gi-Ho Ha² and Chang-Gwon Park²

¹Department of Forest Sciences, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

²South Experimental Forest, Seoul National University, Gwangyang 545-800, Korea

요 약: 본 연구는 고도에 따른 곤줄박이(*Parus varius*)의 산란생태의 차이를 파악하기 위해 지리산 지역에서 수행하였다. 고도가 다른 세 지역(약 300, 900, 1500m)에 인공새집을 설치한 후 알의 크기, 한배산란수, 첫 산란일을 조사하였다. 조사 결과 알의 크기는 고도에 따른 차이를 보이지 않았지만, 한배산란수는 고도가 높아짐에 따라 작게 나타났다. 또한 첫 산란일도 차이를 보이는 것으로 나타났다. 본 연구에서 나타난 한배산란수의 차이는 '개체 적응 가설'에 의한 결과로 판단하고 있다. 그리고 첫 산란일에 차이는 잎의 개엽 시기, 곤충의 분포형태와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

Abstract: This study was conducted to clarify the differences in egg-laying characters of Varied tit (*Parus varius*) as elevation in the Mt. Jirisan. We set up 144 artificial nest-boxes at three sites located in 300, 900, 1400m in elevation and checked egg size, clutch size and first date of egg-laying. At a result, There was no difference in egg size as elevation. But clutch size at high elevation was lower than at low elevation. Also, first date of egg-laying at high elevation was later than at other sites. In this research, we think that difference of clutch size at three sites result from 'individual adjustment hypothesis' and difference of first date of egg-laying have relation to sprouting date of leaves and distribution of insects.

Key words: elevation, egg size, clutch size, Varied Tit, *Parus varius*

서 론

고도는 조류의 분포를 제한하는 요인 중 하나이다. 고도의 변화는 기온, 습도, 바람, 서식지의 질(떡이 등)의 변화로 이어지기 때문에 서식종의 생태에 많은 영향을 미친다(Scott, 2006). 어떤 종은 한정된 고도에서만 서식하기도 하고, 몇몇 종은 고도에 별 영향을 받지 않고 서식하기도 한다. 다양한 고도에 걸쳐 서식하는 종의 경우 서식하는 지역의 고도에 따라 기온, 습도, 사면 등이 다르기 때문에 기본적인 생태도 차이가 존재하게 된다. 그중에서 산란 생태는 주변환경인자(지리적 환경, 종내 관계 등)에 많은 영향을 받는다고 알려져 있다(Gosler, 1993). 그러므로 주변환경인자를 급격히 변화시키는 고도의 변화는 알의 크기, 한

배산란수, 첫 산란일 등의 산란생태에 많은 영향을 미치게 된다.

산란 생태는 종의 지속과 보전을 위하여 기본적으로 바탕이 되는 연구 분야이며, 종의 번식에 직접적인 연관을 지닌 부분이기 때문에 조류연구에 중요한 부분이라고 할 수 있다. 하지만 고도에 따른 산란 생태의 차이에 대한 국내 연구는 거의 없는 실정이다. 또한 외국에서도 고도에 따른 산란 생태의 차이에 대해 상반된 연구 결과를 보이고 있다.

곤줄박이는 수평적으로는 한국과 중국 남부, 일본 등 일부 지역에서 제한적으로 분포하는 반면(Howard R. and A. Moore, 1998), 수직적으로는 다양한 고도에 걸쳐 서식한다. 그로 인해 수직적인 요소인 고도가 산란생태에 미치는 영향을 파악하기에 적합하다. 그리고 영소동지를 이용하는 특성을 지니기 때문에 인공새집을 이용하여 연구를

*Corresponding author

E-mail: nansamata@hanmail.net

수행하기에 용이하다. 하지만 국내에서 이 종에 대한 연구는 거의 이루어지지 않아 기본적인 생태조차 알려지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 곤줄박이 종을 대상으로 기본적인 산란 생태와 고도에 따른 산란 생태의 차이를 파악하고자 하였다. 이를 통해 고도와 산란생태 즉, 알의 크기, 한배 산란수, 첫 산란일과의 관계를 구명하기 위해 실시하였다.

연구방법

1. 연구 대상지

연구 대상지는 지리산 국립공원의 고도가 다른 노고단(약 1400m), 시암재(약 900m), 피아골(약 300m)의 활엽수림 세 지역을 선정하였다. 조사 지역 선정은 고도 외에 다른 인자(경사향, 경사도, 상하층식생, 계곡부 및 능선부 등)를 최대한 동일하게 유지하도록 하였다. 각 지역에는 입구 직경이 3 cm, 3.5 cm, 4 cm인 인공새집을 각 16개, 총 48개를 각 새집 당 거리가 30m가 되도록 210m×150m(가로 8×세로 6)로 직사각형 구도로 설치하였다. 조사지의 기본적인 임상을 살펴보면, 노고단 지역은 신갈나무, 당단풍, 철쭉이 상층부에 우점하고 하층부에 신갈나무, 철쭉 등이 우점하고 있다. 시암재 지역은 신갈나무와 당단풍이 상층층에서 모두 우점하고 있고 피아골 지역은 상층부에 때죽나무, 서어나무, 졸참나무가 우점하고 있고, 하층부에는 상수리나무와 까치박달이 우점하는 식생 구성을 지니고 있다(Table 1). 그리고 각 지역의 흉고직경의 분포는 Table 2과 같다.

2. 조사 방법

번식기가 시작하는 4월 1일부터 일주일에 2~4회에 걸쳐 세 지역에 설치된 모든 새집을 확인하였다. 모든 알의 장경과 단경을 디지털캘리퍼스(Mitutoyo/Japan, 최소눈금 0.01 mm)를 통하여 측정하고, 알의 갯수의 변화를 매 조사마다 확인하였다. 그리고 조사가 없는 날에 시작된 첫 산란

Table 2. Distribution of DBH (diameter at breast height) at each site.

DBH	Study site		
	Piagol (number/ha)	Siamjae (number/ha)	Nogodan (number/ha)
0 - 10	552	1,668	1,200
10 - 15	210	546	756
15 - 20	144	162	186
20 - 25	48	72	30
25 - 30	36	6	7
30 - 35	30	6	6
35 - 40	24	-	-
40 - 45	6	-	-
45 - 50	6	-	-

일은 1일에 1개씩 낳는 기본적 특성을 이용하여 예측하였다. 그리고 각 지역의 미세 기후를 확인하기 위해 HOBO Pro Series Data Logger(On-set computer Corporation, Porasset, MA, USA)를 설치하여 30분마다 기온과 상대습도를 기록하였다.

3. 통계 분석

각 지역의 알의 크기와 한배 산란수는 ANOVA와 Tukey의 다중비교를 통해 분석하였다. 그리고 각 지역 간의 첫 산란일 비교는 첫 산란일의 자료가 순서형 자료, 즉 간격 척도이므로 Kruskal-Wallis test를 적용하였다. 이 모든 분석은 통계 패키지 SAS version 9.1을 이용하여 실시하였다.

연구결과

각 지역에서 곤줄박이는 인공새집을 피아골 지역에서 29.2%(14/48), 시암재 지역에서 39.5%(19/48), 노고단 지역에서 25%(12/48)를 이용하였고, 이용한 등지간의 평균 거리는 47.9m로 나타났다.

각 지역별로 곤줄박이의 알의 장축의 길이는 피아골은 16.78 mm(± 0.97), 시암재는 16.98 mm(± 0.74), 노고단 16.96 mm(± 0.75), 단축의 길이는 각각 13.09 mm(± 0.34),

Table 1. The description of three study areas.

	Study site		
	Piagol	Siamjae	Nogodan
Latitude, longitude	N 35° 15', E 127° 35'	N 35° 17.5', E 127° 29'	N 35° 17', E 127° 31'
Altitude(m)	310~380	904~977	1,346~1,443
Slope	South	South	Southeast
Dominant tree species	<i>Styrax japonica</i> <i>Carpinus laxiflora</i> <i>Quercus serrata</i>	<i>Quercus mongolica</i> <i>Acer pseudosieboldianum</i> <i>Rhododendron mucromulatum</i>	<i>Quercus mongolica</i> <i>Acer pseudosieboldianum</i> <i>Rhododendron schlippenbachii</i>
Dominant understory species	<i>Quercus acutissima</i> <i>Carpinus cordata</i>	<i>Rhododendron mucromulatum</i>	<i>Quercus mongolica</i> <i>Rhododendron schlippenbachii</i>

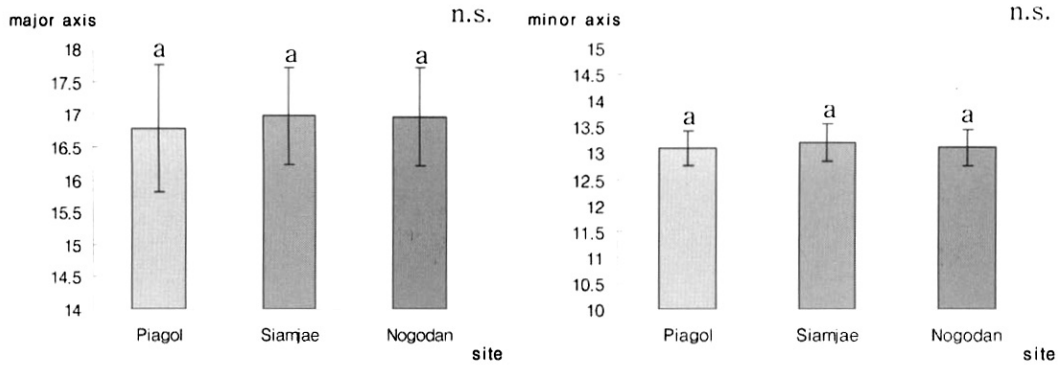


Figure 1. The mean (SE) size of eggs produced by *Parus varius* at Piagol (a.s.l. 300m), Siamjae (a.s.l. 900m), Nogodan (a.s.l. 1400m) in the Mt. Jirisan.

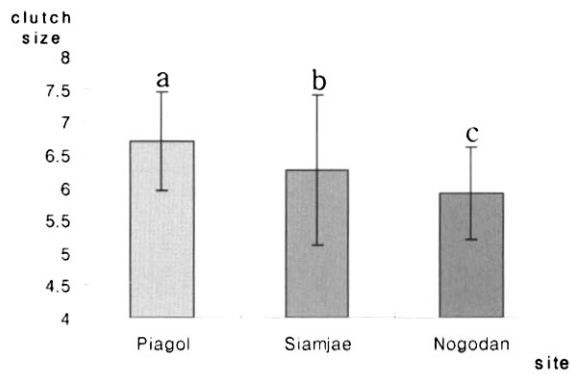


Figure 2. The mean (SE) size of clutches produced by *Parus varius* at Piagol (a.s.l. 300m), Siamjae (a.s.l. 900m), Nogodan (a.s.l. 1400m) in the Mt. Jirisan

13.20 mm(\pm 0.36), 13.11 mm(\pm 0.35)로 세 집단 간의 유의한 차이를 보이지 않았다(ANOVA, P-value=0.1774, 0.4646; Figure 1). 하지만 한배 산란수는 피아골지역에서 6.69 ± 0.75 , 시암재는 6.26 ± 1.15 , 노고단은 5.90 ± 0.70 으

로 나타나 각 지역별로 유의한 차이를 보였다(ANOVA, P-value=0.091; Figure 2). Tukey의 다중비교를 통한 사후 검정 결과 두 지역 간의 한배산란수는 노고단과 시암재(P-value=0.082), 시암재와 노고단(P-value=0.095), 피아골과 노고단(P-value<.0001)간에는 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 마지막으로 지역 간의 산란시기를 비교하기 위하여 Kruskal-Wallis test를 통해 첫 번째 산란일을 비교해 본 결과, 첫 번째 알의 산란일도 세 지역에서 차이가 있는 것으로 나타났다(Kruskal-Wallis test, P-value<.0001; Figure 3).

고찰

본 논문은 지리산의 고도 차이를 이용하여 각 고도별 곤줄박이의 번식생태의 차이를 확인하였다. 인공새집의 이용률 차이로 곤줄박이의 정확한 밀도를 파악하기는 힘들

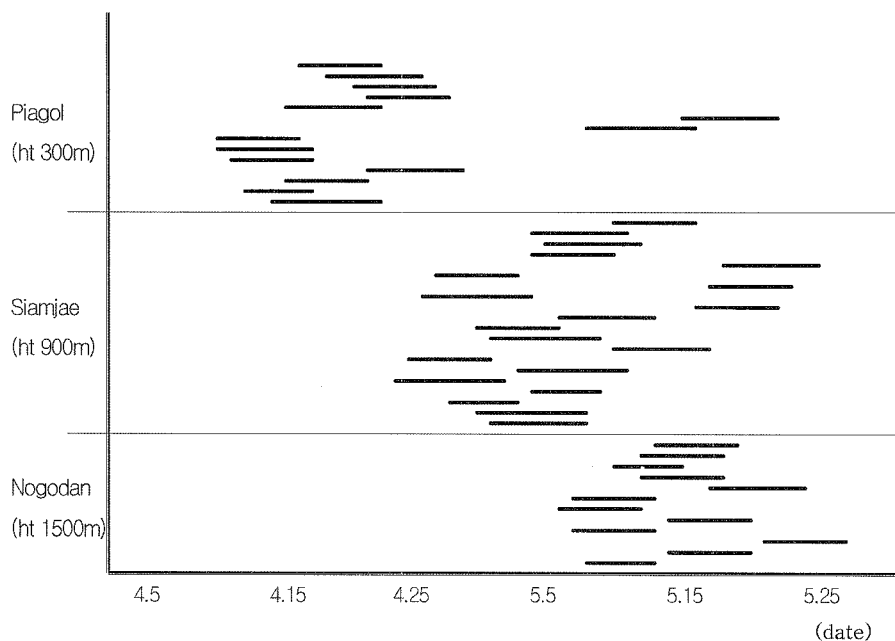


Figure 3. Period of clutch formation.

Table 3. Results of studies that have examined changes in egg-size at high elevation.

Species	Location	Egg-size at high elevation	Reference
House Wrens (<i>Troglodytes aedon</i>)	Colorado	+	Milinkovich(1993)
Great Tit (<i>Parus major</i>)	Germany	+	Hamman <i>et al.</i> (1989)
Blue Tit (<i>Parus caeruleus</i>)	Algeria	-	Chabi <i>et al.</i> (2000)
Mountain Bluebird (<i>Sialia currucoides</i>)	Wyoming	-	Scott <i>et al.</i> (2006)
Cliff Swallows (<i>Petrochelidon Pyrrhonota</i>)	Colorado	0	Sotherland <i>et al.</i> (1980)
Blackbirds (<i>Turdus merula</i>)	Tibet	0	Lu (2005)

* + : more, - : less, 0 : no change

Table 4. Results of studies that have examined changes in clutch size at high elevation.

Species	Location	Clutch size at high elevation	Reference
White-winged Grosbeak (<i>Mycerobas carnipes</i>), Gold-fronted Serin (<i>Serinus pusillus</i>)	Russia	-	Badyaev and Ghalambor (1993, 2006)
Eurasian Nuthatch (<i>Sitta europaea</i>)	Germany	-	Zang (1989)
White Crowned Sparrow (<i>Zonotrichia leucophrys</i>)	California	+	Weather (2002)
Mountain Bluebird (<i>Sialia currucoides</i>)	Wyoming	-	Scott <i>et al.</i> (2006)
Blackbirds (<i>Turdus merula</i>)	Tibet	0	Lu (2005)

지만, 번식한 개체의 수의 차이를 어느 정도 반영한다고 할 수 있으므로 노고단지역의 밀도가 가장 낮은 것으로 판단된다.

1. 알의 크기

고도에 따른 알의 크기에 대한 지금까지의 연구 결과 (Table 3), Milinkovich(1993)와 Hamman(1989)은 Bergman의 법칙에 따라 고도가 높아짐에 따라 알의 크기가 커진다고 주장하였고, 반면에 Chabi *et al.*(2000)과 Scott *et al.*(2006)은 높은 고도의 지역은 더 좁고, 바람이 더 많이 불며, 눈으로 덮여있는 기간이 길어 산란하는 어미에게 영양적, 활력적인 면에서 스트레스를 받게 되어 더 작은 알을 낳게 된다고 주장하였다. 심지어 Sotherland *et al.*(1980)과 Lu(2005)는 고도에 따른 알의 크기의 차이가 존재하지 않는다는 연구 결과를 보였다.

우리가 수행한 피아골, 시암재, 노고단의 각 지역별 연구 결과에서는 고도에 따른 곤줄박이의 알의 장경과 단경은 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 장경과 단경의 길이를 이용하여 알의 부피를 계산한 Hoyt의 공식($\text{Volume} = 0.51 * \text{length} * \text{width}^2$)을 통해 알의 부피의 차이 또한 비교해 보았지만, 이도 역시 차이가 없는 것으로 나타났다(Hoyt 1954, ANOVA, P-value=0.3132). 이 결과는 추운지역에서의 큰 알이 여러 가지 이점을 지님에도 불구하고, 차이가 없다고 나타난 이유는 기온이 낮은 지역에서 서식지의 질 또는 어미의 영양상태, 어미의 유전적 형질 등의 외부인자의 영향으로 보인다.

2. 한배 산란수

지금까지 한배산란수에 대한 연구는 Table 4와 같이 수

행되어졌다. Weathers(2002)는 고도가 높아짐에 따라 더 많은 새끼를 낳아 몸의 열기를 공유함으로써 체온을 유지하는 전략을 써 한배산란수가 커진다는 연구결과를 발표했다. 이와 대조적으로 Zang(1988)은 Eurasian Nuthatch (*Sitta europaea*)의 연구를 통해 고도가 높아짐에 따라 한배산란수가 작아진다는 연구 결과를 발표했다. 또한 Badyaev and Ghalambor(2001)은 러시아와 유라시아 부근의 참새목(*Mycerobas carnipes*, *Serinus pusillus*)을 조사로 이를 뒷받침하였다. 이 종들은 고도가 높아짐에 따라 서식지의 질이 낮아 적은 개체를 산란하는 전략을 쓴 것으로 보인다. 하지만 Lu(2005)는 낮은 고도와 높은 고도에서 차이가 없다는 연구결과를 발표하기도 했다.

한배산란수에 영향을 미치는 요인에 대한 가설은 서식지 이질성 가설(Habitat heterogeneity hypothesis)과 개체적응 가설(Individual adjustment hypothesis)이 있다. 서식지 이질성 가설은 개체군의 밀도가 높을수록 한배산란수가 작아질 것이라는 가설이고 개체 적응 가설은 서식지 질이 높을수록 한배산란수를 높게 한다는 가설이다(Gosler, 1995; Both, 1998). 본 연구 대상지에서의 연구결과, 한배산란수는 고도가 높은 지역에서 더 작아진다는 결과를 보였다. 세 지역의 인공새집 이용률을 비교해보면, 노고단이 인공새집 이용률이 가장 낮았다. 인공새집 이용률만 가지고 서식밀도가 가장 낮다고 확인할 수 없지만, 노고단 지역이 다른 두 지역보다 서식밀도가 상대적으로 높지 않다는 것을 추정할 수 있다. 따라서 본 연구 결과로 볼 때 곤줄박이의 한배산란수의 감소는 고도가 높아짐에 따라 낮아지는 서식지 질 저하에 따른 결과로 추정된다. 일반적으로 고도가 높아지면 기온이 낮아지고 이에 따라 식물의 생장기간이 줄어 전체적인 생산량(Biomass)이 줄어들어

서식지의 질이 낮아진다. 또한 Janes(1994)는 고도가 높아 질수록 작은 절지동물, 즉 곤충류의 비율이 상대적으로 커진다는 연구 결과를 발표했다. 이는 번식기에 조류가 이용할 수 있는 잠재적 먹이의 크기가 작다는 것을 시사하고, 먹이 사냥 및 수집을 위한 에너지 소비에 비해 획득되는 에너지의 양이 적다는 것을 의미한다. 더 많은 에너지의 소비는 상대적인 서식지질의 감소와 같은 영향을 조류에게 줄 수 있다. 그러므로 서식지의 질에 따라 산란 갯수를 다르게 하여 새끼들의 영양 상태를 유지하기 위한 행동이라 생각된다. 서식지 질이 낮으면 한배산란수가 작아진다는 연구결과(Dhondt, 1990; Christians, 2002)와 이소하는 새끼들의 무게가 무거울수록 생존확률이 높다는 연구결과가 이를 뒷받침한다(Gosler, 1995).

3. 첫 산란일

곤충박이의 첫 산란일이 고도에 따라 확연하게 차이가 있다는 결과를 보였는데 이는 첫 산란일의 차이 또한 먹이 자원에 의하여 발생한 것으로 판단된다. 조류의 먹이가 되는 곤충의 분포 패턴은 잎에 화학적, 물리적 변화에 따라 많은 영향을 받는다고 알려져 있고(Feeny 1970; Suzuki, 1998; 박찬열 2001), 조류는 번식을 위해 곤충의 변화에 빠르게 적응한다(Murakami, 1998; Van Noordwijk *et al.*, 1995). 이 같은 식물의 잎과 곤충, 조류의 상호 관련성 때문에 식물의 잎의 발아 지연은 조류의 번식시기에도 영향을 미친다(Jarvinen, 1993). 곤충박이는 새끼에게 나비목 유충을 주로 먹이기 때문에(Perrins, 1991) 고도에 따른 잎의 발아 지연으로 인한 나비목 유충 출현의 지연은 번식 시기의 지연에 직접적인 원인이 되었다고 생각된다.

본 논문에서는 고도가 다른 세 지역의 곤충박이 알 크기와 산란 수, 첫 산란일의 차이를 파악하였다. 하지만 기온이 낮은 지역에서 알의 크기가 커야함에도 불구하고 크지 않았던 이유를 밝히고, 그리고 서식지 질 또는 어미새의 영양 상태(Body condition)에 따른 한배 산란 수와의 정확한 관계, 어떤 기작에 의해 첫 산란일을 결정하는지에 대한 파악을 위해 더 많은 연구가 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국가장기생태연구 사업비로 수행되었으며, 인공새집은 LG상록재단으로부터 제공받았음.

인용문헌

1. 박찬열, 2001, 번식기 박새류와 곤충과 식물의 상호작용 네트워크, 서울대학교 박사논문.

2. 이우신 외, 2000, 한국의 새, LG상록재단, 서울, pp. 320.
3. Andrew Gosler, 1993, Great Tit, Reed International Books, London, pp. 123.
4. Badyaev, A.V. and C.K. Ghalambor. 2001, Evolution of life histories along elevational gradients: trade-off between parental care and fecundity. *Ecology* 82: 2948-2960.
5. Both C, 1998, Density dependence of clutch size: habitat heterogeneity or individual adjustment?, *Journal of Animal Ecology* 67: 659-666.
6. Chabi, Y.M.S., Benyacoub, and J., Banbura. 2000, Egg-size variation in Algerian populations of the Blue Tit (*Parus caeruleus ultramarinus*): effects of altitude and habitat. *Revue d'Ecologie: La Terre et la Vie* 55: 183-192.
7. Christians, J. K. 2002, Avian egg size: variation within species and inflexibility within individuals, *Biological Reviews* 77: 1-26.
8. Dhondt. A.A., 1990, *Nature* 348: 723-5.
9. Feeny P, 1970, Seasonal changes in oak leaf tannin and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars, *Ecology* 51: 565-581.
10. Hamman, H.-J., K.-H. Schmidt and S. Simonis, 1989, Der Einfluß der Höhenlage auf Ei und Gelegegrö bei Kohlmeisen (*Parus major*), *Journal für Ornithologie* 130: 69-74.
11. Hoyt, D.F., 1954, Practical methods of estimating volume and fresh weight of bird eggs. *Condor* 78: 343-349.
12. Janes S.W., 1994, Variation in the species composition and mean body size of an avian foliage-gleaning guild along an elevational gradient: correlation with arthropod body size, *Oecologia* 98: 369-378.
13. Jarvinen A. 1993, Spatial and temporal variation in reproductive traits of adjacent northern Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* populations, *Ornis Scandinavica* 24: 33-40.
14. Lu X, 2005, Reproductive ecology of Blackbirds (*Turdus merula maxmus*) in a high-altitude location, Tibet, *Journal of Ornithology* 146: 72-78.
15. Milinkovich, D. 1993, The sources of variation in the reproductive characters of House Wrens (*Troglodytes aedon*) breeding at two elevations in Colorado, Ph.D. dissertation, Florida State University, Tallahassee, FL.
16. Murakami M, 1998, Foraging habitat shift in the narcissus flycatcher, *Ficedula narcissina*, due to the response of herbivorous insects to the strengthening defenses of canopy trees, *Ecological Research* 13: 73-82.
17. Orell M. and Ojanen M., 1983, Timing and length of the breeding season of the Great Tit (*Parus major*) and the Willow Tit (*Parus montanus*) near Oulou, northern Finland, *Ardea* 71: 183-198.
18. Perrins C.M., 1991, Tits and their caterpillar food supply, *Ibis* 133 suppl. 1: 49-54.
19. Sotherland P.R. et al. 1980, An altitudinal cline in conductance of Cliff Swallow (*Petrochelidon pyrrhonota*) eggs to water vapor. *Auk* 97: 177-185.

20. Scott Johnson L. 2006, Changes in egg size and clutch size with elevation in a Wyoming population of Mountain Bluebirds, *The Condor* 108: 591-600.
21. Suzuki Shizuo, 1998, leaf phenology, seasonal changes in leaf quality and herbivory pattern of *Sanguisorba tenuifolia* at different altitudes, *Oecologia* 117: 169-176.
22. Van Noordwijk A.J., McCleery R.H., and Perrins C.M., 1995, Selection for the timing of great tit breeding in relation to caterpillar growth and temperature. *Journal of Animal Ecology* 64: 451-458.
23. Weathers W.W., 2002, Altitudinal variation in parental energy expenditure by White-crowned Sparrow, *Journal of Experimental Biology* 205: 2915-2924.
24. Zang H., 1988, Der Einfluß der Höhenlage auf die Biologie des Kleibers (*Sitta europaea*) im Harz. *Journal für Ornithologie* 129:161-174.

(2006년 12월 28일 접수; 2007년 3월 12일 채택)