

국내 뱀류 9종의 비늘 크기와 형태 비교

구교성* · 박소현¹ · 김종선 · 권세라 · 최우진 · 박일국 · 조한나 · 박재진 · 오홍식² · 박대식³

강원대학교 생물학과, ¹인하대학교 생명과학과, ²제주대학교 과학교육과, ³강원대학교 과학교육학부

The Comparison of Size and Morphology of Scales in Nine Korean Snake Species (6 in Colubridae, 3 in Viperidae). Koo, Kyo Soung* (0000-0003-0294-0875), So Hyun Park¹ (0000-0002-0259-5867), Jong Sun Kim (0000-0002-9369-7470), Sera Kwon (0000-0003-3001-6663), Woo Jin Choi (0000-0002-7026-086X), Il Kook Park (0000-0002-2274-4639), Han Na Cho (0000-0001-7757-0587), Jae Jin Park (0000-0001-8794-5776), Hong Shik Oh² (0000-0001-6960-0221) and Daesik Park³ (0000-0001-9209-0493) (Department of Biology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea; ¹Department of Biological Sciences, Inha University, Incheon 22212, Republic of Korea; ²Department of Science Education, Jeju National University, Jeju 63243, Republic of Korea; ³Division of Science Education, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea)

Abstract Body scales directly exposed to external environments can be an important factor to understand various characteristics of a species such as habitat features, life history and basic ecology. In this study, we compared size and morphology of dorsal, outermost dorsal, keeled dorsal and ventral scales of total nine snake species in Korea; *Oocatochus rufodorsatus*, *Elaphe dione*, *Rhabdophis tigrinus*, *Amphiesma vibakari*, *Dinodon rufozonatum*, *Hierophis spinalis* in the Colubridae and *Gloydus ussuriensis*, *G. brevicaudus*, *G. saxatilis* in the Viperidae. The morphological characteristics of the scales seem to well reflect foraging modes and moving activity of both families. Uniquely *D. rufozonatum* had a diamond shape dorsal scale and had the greatest and smallest value of the ratio of width/length of dorsal and ventral scales, respectively. *O. rufodorsatus*, *D. rufozonatum* and *H. spinalis* did not have keeled dorsal scales and *E. dione* had keel on the few of dorsal scales. In addition, morphological characteristics of scales of three viper species were closely consistent with previously known phylogenetic relationships.

Key words: reptile, snake, scale, morphometric

서 론

생물들은 오랜 시간에 걸쳐 서식 환경에 적합한 형태로 변화하며, 그로 인하여 동반되는 효과적인 행동들은 생물들의 생존에 도움을 준다(Aubret *et al.*, 2004). 그중 피부는 생물체의 가장 외부에 형성된 조직으로 환경뿐만 아니

라 포식자에게 가장 먼저 노출되기 때문에 서식 환경에 따라 매우 다양한 크기와 구조로 변화하게 된다(Oufiero *et al.*, 2011). 특히 파충류의 비늘과 같이 독특하게 변화된 피부 조직은 이동, 은신, 열전도, 수분증발 방지 등의 중요한 역할을 하여 종의 생존에 기여하는 것으로 알려져 있다(Soule, 1966; Soule and Kerfoot, 1972; Gans, 1974; Mullin, 1996; Abo-Eleneen and Allam, 2011).

파충류에서 비늘의 구조와 특성이 종의 생활사 및 생태적 특성과 연관성을 가지는 것을 보여준 연구 사례는 어렵지 않게 찾을 수 있다. Maderson (1966)은 토카이 게코의

Manuscript received 3 March 2017, revised 7 May 2017,
revision accepted 21 June 2017
* Corresponding author: Tel: +82-10-2609-6460, Fax: +82-33-259-5600,
E-mail: flqpfj@hanmail.net

비늘구조가 나무나 물체를 기어오르는 데 중요한 역할을 하는 것으로 보았으며, Porter (1967)는 파충류의 비늘이 사막지역에서 발생하는 자외선이나 태양열을 변환시켜 파충류들의 생존에 긍정적인 영향을 준다고 하였다. 특히 비늘의 마찰특성(frictional property)은 운동성에 영향을 주는 중요한 요소들 중의 하나로, 마찰면의 구조, 성분, 물리화학적 적합성 등이 관련된다고 하였다(Bowden and Tabor, 1986; Scherge and Gorb, 2001). 이 밖에도 Ganz and Baic (1977)은 파충류 비늘의 미세구조가 탈피와 손상 조직 제거에 유리하다고 하였고, Price (1982)는 파충류 비늘의 구조가 생태 혹은 서식지의 요소와도 어느 정도의 연관성을 보인다고 하였다. 따라서 파충류 비늘의 구조는 종의 서식지 환경, 생활사, 생태 등과 관련되어 발달하며, 파충류들의 생존에 직접적인 영향을 준다고 할 수 있다.

용골(keel)은 외부에 돌출되어 있는 미세구조의 하나로 뱀류, 도마뱀류, 거북류 등이 포함된 파충류 집단에서 나타나는 뚜렷한 형태적 특징 중 하나이다. 용골의 기능은 주로 빛을 산란시켜 반사율을 최소화함으로써 몸을 숨기는 기능이 있을 것으로 알려져 있다(Klauber, 1997). 또한 용골과 같은 미세구조는 탈피나 손상된 피부를 제거하는 데 도움이 된다(Ganz and Baic, 1977). 하지만 용골에 대한 직접적인 연구의 사례를 찾기는 제한적이며, 기능에 대한 추측이 전부이다. 용골의 기능에 대한 명확한 연구 사례는 없지만, 다양한 생물군에서 발견되는 용골은 아마도 생존과 관련되어 있을 것이며, 종에 따라 매우 다양한 형태와 구조로 진화했을 것이다.

파충류에 대한 행동, 생태, 먹이원, 서식지 모델링, 분류, 증식 및 복원 등의 연구는 국내에서도 활발하게 이루어지고 있다(Lee *et al.*, 2012; Kim and Oh, 2014; Koo *et al.*, 2015). 그럼에도 불구하고 파충류의 외부 형태에 대한 연구와 활용 가능한 자료는 매우 제한적이다(Kang and Yoon, 1975; Koo *et al.*, 2004). 전통적으로 파충류의 종 동정에는 비늘 수나 무늬 등이 중요한 분류키로 이용되고 있지만, 서식지에 따라 다양한 변이가 확인된다(Kang and Yoon, 1975). 예를 들어, 육지에 사는 쇠살모사와 제주도에서 사는 쇠살모사의 경우, 무늬나 색의 변이 정도가 커, 다른 종으로 인식될 여지도 있다(Kim, 2011). 게다가 많은 경우에서 야의 조사 시 발견되는 뱀의 일부 조직이나 허물을 이용하여 종을 동정하고 있지만 분류에 결정적인 역할을 하는 비늘이나 용골비늘의 형태적인 특성은 잘 알려져 있지 않다.

본 연구에서는 국내에서 서식하는 뱀과(6종)와 살모사과(3종) 총 9종을 대상으로 몸통비늘의 너비와 길이의 비율과 형태적 특징, 용골비늘에 따른 종의 특징을 확인하였으며, 비교를 통해 종간의 차이를 확인하였다. 또한 각 종

에서 나타나는 비늘 형태의 특징과 지금까지 연구된 종의 특성들을 비교하여, 형태가 생태나 행동적인 측면과 어떠한 연관성이 나타나는지 분석하였다. 추가로 분류학적으로 근연한 관계를 나타내는 살모사과 3종에 대한 형태 비교 및 분석을 통해 이들 간의 차이를 명확히 하였다.

재료 및 방법

국내에 서식하는 뱀류 중 멸종위기종 I급 비바리뱀(*Sibynophis chinensis*)과 II급 구렁이(*Elaphe schrenckii*)를 제외한 뱀과(Colubridae) 내 6종(무자치 *Oocatochus rufodorsatus*, 누룩뱀 *E. dione*, 유혈목이 *Rhabdophis tigrinus*, 대륙유혈목이 *Amphiesma vibakari*, 능구렁이 *Dinodon rufozonatum*, 실뱀 *Hierophis spinalis*)과 살모사과(Viperidae) 내 3종(쇠살모사 *Gloydus ussuriensis*, 살모사 *G. brevicaudus*, 까치살모사 *G. saxatilis*) 총 9종을 대상으로 연구를 진행하였다. 사용된 개체들은 국내에서 불법 포획되어 압수된 개체들로 연구용으로 기증되었기 때문에 정확한 포획 위치는 확인되지 않았다. 기존에 알려진 자료(Kang and Yoon, 1975)에 근거하여, 성체 표본만을 연구에 이용하였으며, 종간 자료비교의 신뢰성을 높이기 위하여 종별로 10개체씩을 무작위로 선정하여 연구에 이용하였다. 다만, 실뱀의 경우 확보가 가능했던 5개체만을 이용하였다. 모든 표본은 -20°C 에 냉동보관되어 있었으며, 개체별로 담긴 표본을 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 물에 넣어 충분히 녹인 후 사용하였다.

국내 뱀류에서 나타나는 비늘 수 및 크기 차이를 분석하기 위해 몸통의 중앙부위에서 i) 등비늘 열수(number of dorsal scale rows)와 ii) 용골(keel)을 가진 등비늘 열수를 기록하였다. 이후, iii) 등면의 중앙에 위치한 등비늘(dorsal scale), iv) 배비늘과 접촉해 있는 첫 번째 등비늘(outermost dorsal scale, 최외각 등비늘) 그리고 v) 배비늘(ventral scale) 각 1개에 대한 길이(머리와 꼬리에 평행한 축)와 너비(머리와 꼬리에 수직인 축)를 측정하였다. 정확한 측정을 위해 해당 지점의 3 cm 길이의 가측을 벗겨내어 고르게 편 후 vi) 등비늘이 있는 등면 전체의 너비와 배비늘이 있는 배면의 너비를 각각 측정하였다. 모든 길이의 측정은 디지털 버니어캘리퍼스(CD-30PSX, Mitutoyo Corporation, Japan)를 사용하여 0.1 mm 단위까지 측정하였다.

종간 비교를 위하여 길이와 너비를 각각 측정한 등비늘, 배비늘, 배비늘과 접촉하는 첫 번째 등비늘의 경우 너비/길이의 비율을 구하였다. 또한 등면의 너비와 배면 너비의 비율을 구하였다. Kolmogorov-Smirnov test ($P < 0.05$)를 통한 정규성 검토 결과 대부분의 자료들이 정규분포를

보이지 않기 때문에 자료의 분석에는 비모수통계법을 적용하였다. 기본적으로 뱀과와 살모사과 사이의 측정값은 Mann-Whitney U test를 사용하여 비교하였다. 각 종간의 비교는 종수가 9종으로 많아 직접적인 차이를 통계적으로 검증하지는 않았다. 유사한 형태적인 특징으로 오동정이 종종 발생하는 살모사과 3종의 경우, 측정된 비늘에서의 종간 차이 여부를 비모수통계법인 Kruskal-Wallis test를 사용하여 검증하였다. 종간의 차이가 유의한 경우 분석프로그램이 제공하는 사후분석(post hoc)을 수행하여 이들 간의 차이를 명확히 하였다. 모든 분석에는 SPSS (ver. 23)를 사용하였으며, 본문 내 모든 결과값은 평균±표준오차(mean±SE)로 제시하였다.

결 과

1. 뱀과와 살모사과 간 비늘의 비교

등비늘 열의 수는 종에 따라서 15~25개 사이를 가지고 있었는데, 살모사과의 뱀(21.6±0.2, n=30)들이 뱀과의 뱀(19.2±0.4, n=55)들보다 많은 등비늘 열수를 가지고 있었다($Z=4.25$, $P<0.001$, Table 1, Fig. 1A). 종별로 살펴보면, 누룩뱀이 23.8±0.4개(n=10)로 가장 많았고, 실뱀이 15.8±0.5개(n=5)로 가장 적었다. 종 내에서 개체들 간의 등비늘 열수의 변이를 살펴보면, 무자치의 경우 개체들 간 변이가 발견되지 않은 반면, 누룩뱀은 4가지의 열수를 가지고 있었다(Table 1). 다른 7종의 경우 각각 2종류의 열수를 가지고 있었는데, 능구렁이와 살모사과 3종이 가진 등비늘 열수는 한 가지로 치우치는 경향이 있었다. 반면, 유혈목이, 대륙유혈목이, 실뱀의 경우 서로 다른 열수를 가진 개체수의 비율이 유사하였다.

등면과 배면의 너비 비율의 경우 뱀과와 살모사과 간에 차이가 유의하지 않았는데($P=0.569$), 무자치가 2.25±0.08의 비율로 등면이 가장 넓었던 반면, 유혈목이(1.31±0.05)와 쇠살모사(1.34±0.23)는 등면이 비교적 좁았다(Fig. 1B).

등비늘에서 관찰되는 용골(keel)은 누룩뱀, 유혈목이, 대륙유혈목이, 쇠살모사, 살모사, 까치살모사 6종에서 뚜렷하게 나타난 반면, 무자치, 능구렁이, 실뱀에서는 확인되지 않았다(Table 1, Fig. 2). 용골이 확인되는 6종의 뱀 중 누룩뱀을 제외한 5종에서는 등비늘과 배비늘과 접촉해 있는 최외곽 등비늘에서 용골이 나타났으며, 용골의 열수는 등비늘 열수와 동일하였다. 누룩뱀의 경우 일부 등비늘에서는 용골이 확인되지 않았다.

등비늘의 너비/길이 비율은 뱀과(0.47±0.02, n=55)가 살모사과(0.40±0.01, n=30)보다 컸다($Z=2.13$, $P=0.033$). 종별로 살펴보면 능구렁이가 0.69±0.03으로 가장 컸고, 유혈목이가 0.33±0.01로 가장 작았다(Table 1, Fig. 3A). 배비늘과 접촉해 있는 첫 번째 등비늘의 너비/길이의 비율은 뱀과와 살모사과 간에 유의한 차이가 없었는데($P=0.934$), 무자치(1.05±0.13)와 능구렁이(1.04±0.04)는 비교적 넓은 형태의 비늘을 가지고 있었다(Table 1, Fig. 3B). 반면, 누룩뱀은 0.81±0.01로 가장 작은 비율을 가지고 있었다. 배비늘의 경우 살모사과(5.09±0.09, n=30)가 뱀과(4.68±0.09, n=55)보다 큰 너비/길이의 비를 나타내었다($Z=3.41$, $P=0.001$). 이 중 살모사가 5.19±0.5로 가장 넓었으며, 능구렁이가 4.22±0.29로 가장 좁았다(Table 1, Fig. 3C).

2. 살모사과 3종 간의 비교

등비늘 열수와 용골을 가진 등비늘 열수 모두 3종 간 유의한 차이가 있었는데(두 경우 모두; $\chi^2=23.1$, $df=2$, $P<0.001$), 까치살모사가 쇠살모사와 살모사보다 많았으나($P<0.05$), 쇠살모사와 살모사 간의 차이는 유의하지 않았다($P>0.05$, Table 1, Fig. 1A).

등비늘의 너비/길이 비율에는 3종 간의 차이가 있었으며($\chi^2=9.1$, $df=2$, $P=0.01$), 까치살모사의 비율이 쇠살모사와 유의한 차이를 보였다($P<0.05$, Table 1, Fig. 3A). 그러나 까치살모사와 살모사, 살모사와 쇠살모사 간의 차이는 유의하지 않았다($P>0.05$). 배비늘과 접촉해 있는 첫 번째 등비늘의 너비/길이 비율은 3종 간 유의한 차이가 있었는데($\chi^2=10.2$, $df=2$, $P=0.006$), 까치살모사의 비율이 쇠살모사와 살모사보다 유의하게 컸다(두 경우 모두; $P<0.05$, Table 1, Fig. 3B). 반면, 쇠살모사와 살모사 간의 차이는 뚜렷하지 않았다($P>0.05$). 배비늘의 너비/길이 비율에는 3종 간에 유의한 차이가 없었다($\chi^2=1.3$, $df=2$, $P=0.522$, Table 1, Fig. 3C).

고 찰

일반적으로 뱀들에게 있어서 등비늘의 열수는 몸의 내부 공간을 늘일 수 있는 것과 관련된다. 그리하여 등비늘 열수가 많은 종의 경우 더 큰 먹이를 섭취하거나 한 번에 더 많은 먹이를 섭취할 수 있을 것으로 기대된다. 국내 서식하는 살모사과는 뱀과에 비해 더 많은 등비늘 열수를 가지고 있었다. 이는 살모사 속의 몸 길이 대비 몸의 부피가

Table 1. Morphological characteristics of dorsal scale, outermost dorsal scale and ventral scale in nine Korean snakes.

Species (sample size)	<i>O. rufodorsatus</i> (10)	<i>R. tigrinus</i> (10)	<i>E. diene</i> (10)	<i>A. vibakari</i> (10)	<i>D. rufozonatum</i> (10)	<i>H. spinalis</i> (5)	<i>G. ussuriensis</i> (10)	<i>G. brevicaudus</i> (10)	<i>G. saxatilis</i> (10)
No. of dorsal scale row	21 ¹⁰	18.0±0.3 (17 ⁵ , 19 ⁵)	23.8±0.4 (22 ¹ , 23 ⁴ , 24 ¹ , 25 ⁴)	17.8±0.3 (17 ⁶ , 19 ⁴)	16.9±0.1 (16 ¹ , 17 ⁶)	15.8±0.5 (15 ³ , 17 ²)	20.8±0.2 (19 ¹ , 21 ⁹)	21.2±0.2 (21 ⁹ , 23 ¹)	22.8±0.1 (22 ² , 23 ⁸)
No. of keeled scale row	0	†	9.6±0.4 (8~12)	†	0	0	†	†	†
Ratio of scale (width/length)									
Dorsal	0.45±0.05	0.33±0.01	0.40±0.01	0.46±0.02	0.69±0.03	0.54±0.03	0.37±0.01	0.42±0.02	0.43±0.02
Outermost dorsal	1.05±0.13	0.84±0.03	0.81±0.01	0.94±0.04	1.04±0.04	0.85±0.05	0.87±0.03	0.87±0.02	1.00±0.03
Ventral	4.50±0.57	4.93±0.52	4.82±0.47	4.85±0.94	4.22±0.29	4.86±0.85	4.92±0.35	5.19±0.50	5.14±0.56
Ratio of dorsal/ventral plate	2.25±0.08	1.31±0.05	1.91±0.03	1.39±0.08	2.05±0.08	1.59±0.12	1.34±0.23	1.66±0.06	1.95±0.09

†, in the species the keel was found on all dorsal scales. The number of individuals who has the different number of dorsal scale row indicates in superscript.

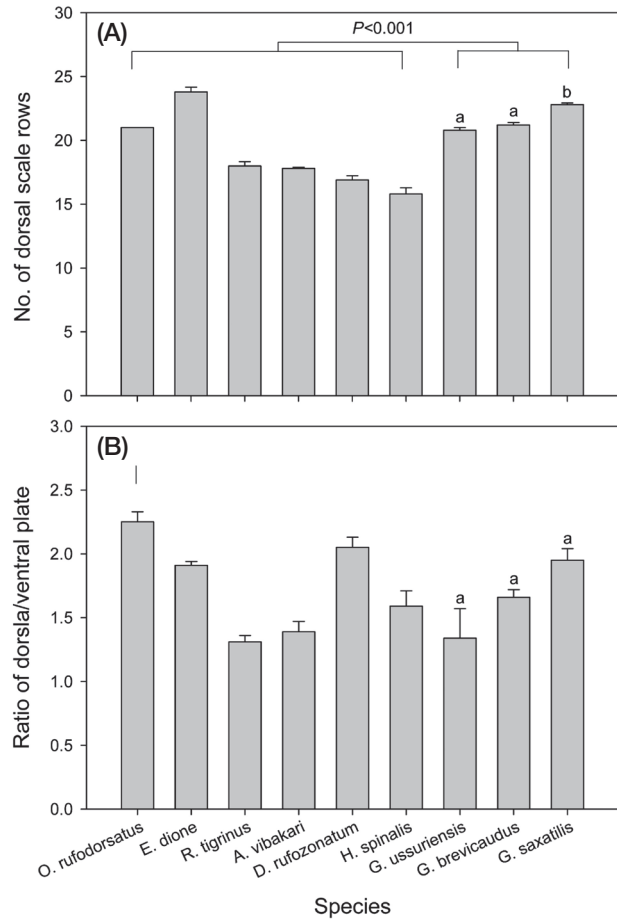


Fig. 1. The number of dorsal scale rows (A) and the ratio of dorsal/ventral plate (B) were compared between Colubridae and Viperidae snake species and among three Viperidae species, respectively. Different characters on the bars indicate a statistically significant at $P < 0.05$.

켰다는 이전의 연구와 일치하는 것이다(Pough and Groves, 1983). 따라서, 많은 등비를 열수를 가진 살모사과의 뱀들은 뱀과에 비해 크고 많은 먹이를 섭취하는 데 유리할 것이다. 추가적으로 살모사과의 종들은 먹이를 섭취 후 한 곳에 머무르며, 장시간의 일광욕을 통해 소화를 촉진하는 것으로 알려져 있다(Kim, 2011). 이러한 형태와 행동적 특징들은 살모사과에 속하는 종들의 낮은 이동성에도 연결된다고 볼 수 있다. 이와 달리, 뱀과에 속하는 종들은 상대적으로 얇고 긴 몸을 가지고 있는데, 이러한 체형은 빠른 이동에 도움이 되는 것으로 알려져 있다(Arnold and Bennett, 1988). 뱀과의 상대적으로 적은 등비를 열수는 이러한 이전 결과와 상통하는 것이다. 다만, 수환경을 주 식처로 이용하는 무자치(Sura, 1981; Lee *et al.*, 2011a)나 다른 뱀을 포식하는 능구렁이(Kang and Yoon, 1975) 등 특

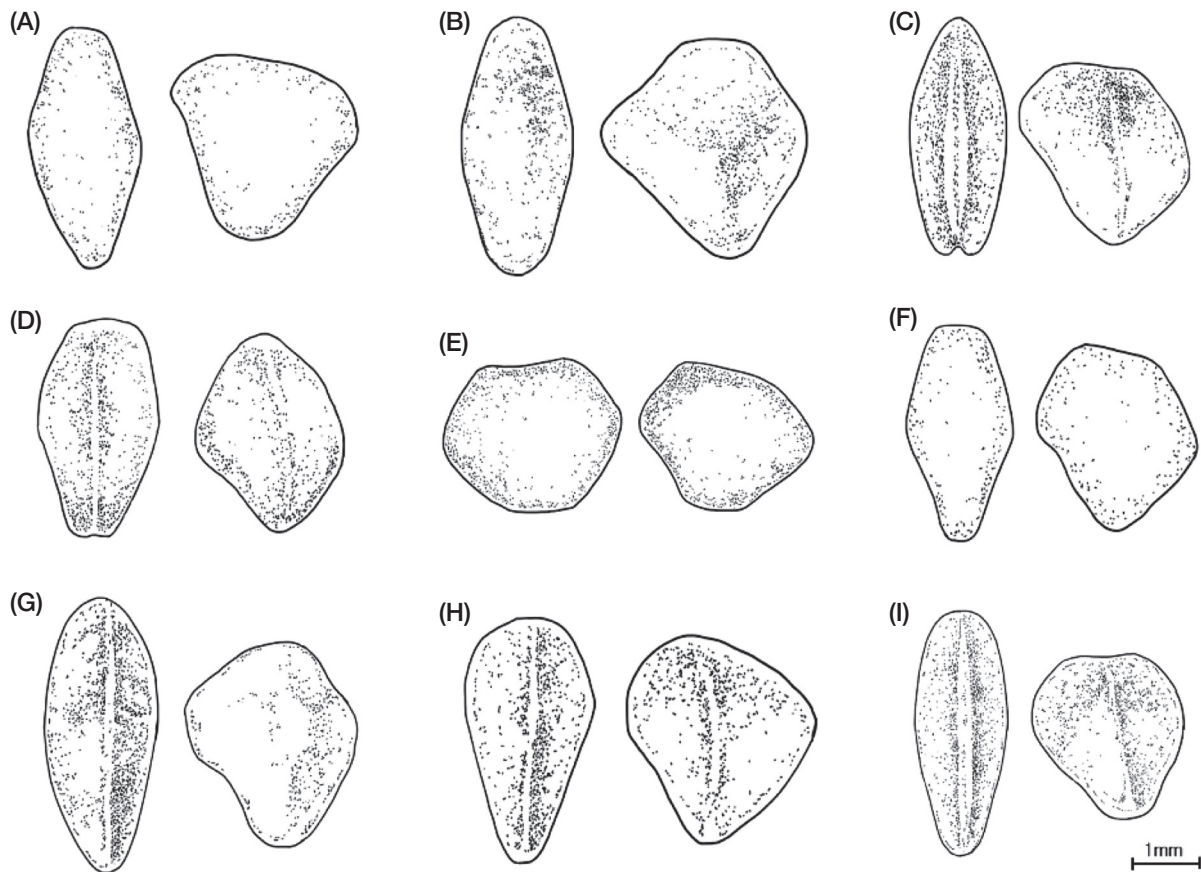


Fig. 2. Morphology of dorsal (left) and outermost dorsal scale (right) of nine Korean snakes: (A) *Oocatochus rufodorsatus*, (B) *Elaphe diene*, (C) *Rhabdophis tigrinus*, (D) *Amphiesma vibakari*, (E) *Dinodon rufozonatum*, (F) *Hierophis spinalis*, (G) *Gloydus ussuriensis*, (H) *G. brevicaudus*, (I) *G. saxatilis*.

정 종들이 가지는 특이적인 서식처 특성과 행동 특성들이 있기 때문에 등비늘 열수 및 비늘의 형태가 보다 다양하게 나타나는 것으로 판단된다.

일부 종의 등비늘 열수에서 몇 가지 유형의 변이들이 확인되었으며, 등비늘 열수가 두 가지 형태로 나타나는 빈도가 가장 높았다. 두 가지 열을 가진 뱀들 중 능구렁이, 쇠살모사, 살모사, 까치살모사의 경우 10개체 중 1 혹은 2 개체만이 여러 가지 수의 열을 가지고 있는 것으로 미루어보면, 일반적으로 관찰되는 변이의 한 종류로 판단된다 (Tanner, 1933; Fitch, 1941; Dohm and Garland, 1993). 반면, 유혈목이와 실뱀의 경우 약 1:1의 비율로 두 가지의 다른 열수가 나타났다. 등비늘 열수에서 나타나는 수적인 변이는 보통 발달단계, 성별, 개체군, 서식 지역에 따라 다를 수 있다는 이전의 연구로 설명이 가능하지만 (Tanner, 1933; Fitch, 1941; Dohm and Garland, 1993), 정확한 요인을 파악하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다.

뱀들에서 나타나는 용골비늘의 존재 유무는 각 종의 활

동 시간대와 주로 관련된 것으로 보인다. 용골의 기능에 대해서는 논란이 있지만 (Gans and Baic, 1977; Street, 1979; Layne and Steiner, 1984), 가장 일반적인 기능은 빛의 반사율을 감소시켜 포식자의 눈에 잘 띄지 않게 하는 것이다 (Klaluber, 1997). 이에 따르면, 용골이 뚜렷한 종일수록 야간보다는 주간에 활동하는 종일 가능성이 있다. 실제로 본 연구에서 용골이 확인된 누룩뱀, 유혈목이, 대륙유혈목이, 쇠살모사, 살모사, 까치살모사들은 주로 주간에 관찰이 용이한 종이다 (Kleese, 1981; Kadowaki, 1994; Chung *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2015). 반면, 용골이 확인되지 않은 종들은 능구렁이, 실뱀, 무자치가 있는데, 능구렁이는 야행성으로 알려져 있으며 (Kim *et al.*, 2015), 무자치는 반수생 뱀 (Lee *et al.*, 2011a)으로 빛에 노출이 적은 활동 특성을 가지고 있다. 실뱀의 경우 이들의 생태가 잘 알려져 있지 않지만 야외 관찰 빈도를 고려할 때, 적극적으로 빛에 노출되어 활동하는 종이 아닐 가능성이 높다. 용골을 가진 종들 중에서 누룩뱀만이 유일하게 모든 등비늘에서 용골

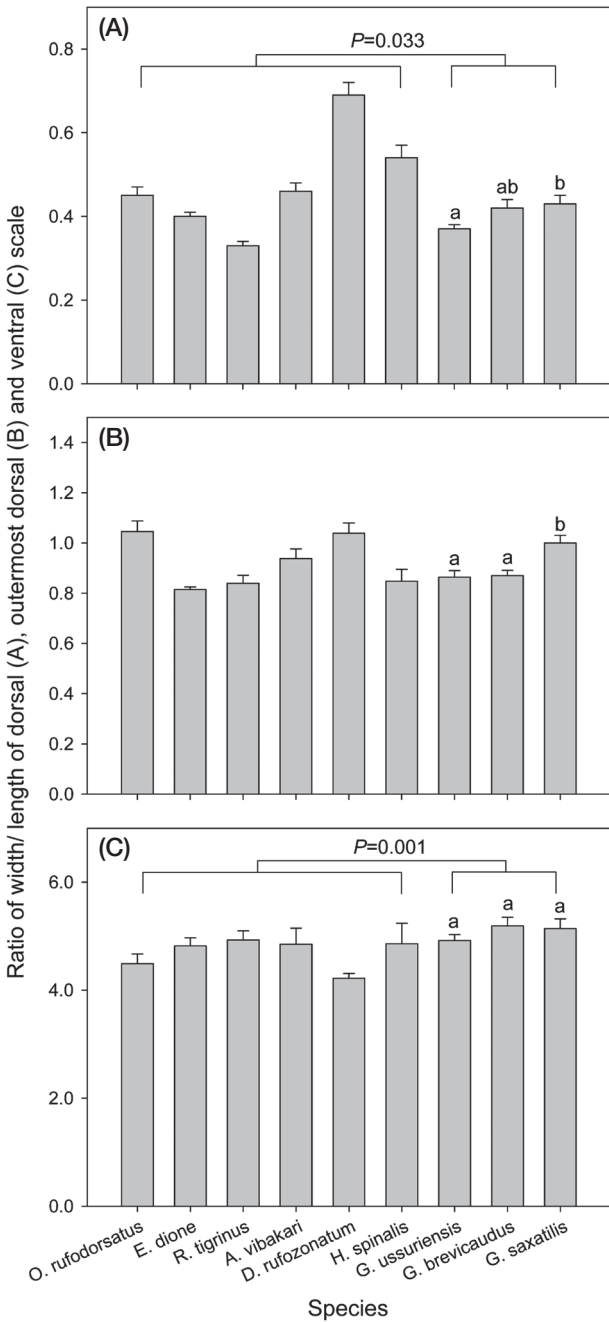


Fig. 3. The ratio of width/ length of dorsal (A), outermost dorsal (B) and ventral (C) scale was compared between Colubridae and Viperidae snake species and among three Viperidae species, respectively. Different characters on the bars indicate a statistically significant at $P < 0.05$.

이 확인되지 않았는데, 이는 두 가지 측면에서 생각해 볼 수 있다. 첫째, 최근의 연구결과는 누룩뱀이 주간뿐만 아니라 야간에도 활동하는 종임을 확인하였는데 (Kim *et al.*, 2015), 부분적으로 용골이 발달해 있는 것은 주간과 야간

을 동시에 고려하여 적용한 결과일 것이다. 둘째로 *Elaphe* 속의 종들은 조류와 조류의 알 포식을 위해 숲을 서식처로 이용하며, 나무 역시 잘 오를 수 있는 것으로 알려져 있다 (Sherewsbury, 1968; Weatherhead *et al.*, 2003; Filippi *et al.*, 2005). 이 경우 주간에 활동하더라도 빛에 노출되는 시간이 줄어들 수 있다. 즉 절대적으로 주간활동을 하는 다른 종들에 비하여 주/야간 모두 활동하는 누룩뱀의 경우 용골의 기능이 축소되어 부분적인 소실이 나타난 것으로 볼 수 있다. 전반적으로 뱀류에서 용골의 기능이 명확하지 않음을 고려할 때, 여전히 추가적인 연구가 필요하다.

등비늘과 배비늘 너비/길이의 비율은 뱀들의 섭식활동 및 이동성과 주로 관련된 것으로 판단된다. 또한 등비늘의 너비/길이의 비율은 아마도 먹이를 사냥할 때 몸으로 휘 감고 조이는 행동과도 관련되었을 것이다. 등비늘의 너비/길이의 비율은 뱀과가 살모사과에 비해 컸는데, 이는 아마도 뱀과 내 뱀들이 먹이를 독의 주입보다는 먹이를 몸통으로 조이는 형태로 포획하는 것과 관련된 것으로 보인다. 그러나 비늘이 이동, 은신, 열전도, 수분증발 방지와 같은 다양한 기능들 역시 가지는 것으로 보고되고 있기 때문에 (Soule, 1966; Soule and Kerfoot, 1972; Gans, 1974; Mullin, 1996; Abo-Eleneen and Allam, 2011), 관련된 다른 설명 역시 가능하리라 판단된다.

뱀과의 종들에 비해 살모사과의 종들이 비교적 넓은 배비늘을 가지고 있었다. 일반적으로 배비늘의 너비/길이 비는 배비늘의 면적이 지면과의 마찰력과 직접적으로 관련되기 때문에 뱀의 이동성과 관련될 것으로 판단된다 (Gray and Lissmann, 1950; Hazel *et al.*, 1999). 본 연구에 결과에서도 이동성이 낮은 것으로 알려진 살모사과의 종들은 배비늘이 넓었고, 상대적으로 이동성이 높고 이동속도가 빠른 뱀과의 종들의 배비늘은 상대적으로 좁았다. 다시 말하면, 지면에 닿는 면적이 넓을수록 이동과 관련된 행동은 반비례적으로 나타날 수 있다. 더불어 국내 종들이 다양한 서식처를 이용하고 있음을 고려할 때 이동의 매질이 되는 서식처의 특성 역시 반영되어 있을 것으로 판단된다.

등비늘과 배비늘의 너비/길이 비에 있어서 능구렁이는 다른 종들에 비하여 뚜렷한 차이를 보였으며, 생활사적인 특징과 계통학적 특성이 반영된 결과로 판단된다. 능구렁이는 다른 뱀들을 포식하는 뱀이며, 주로 야간에 활동하는 특징이 있다 (Kang and Yoon, 1975; Kim *et al.*, 2015). 본 연구에서 확인된 등비늘에 용골이 없는 특징은 이들의 야간 행동성과 일치하며, 마름모에 가까운 등비늘은 큰 먹이를 죄어서 제압하기에 적합하다. 또한 상대적으로 너비가 작은 배비늘은 육지에서 마찰력을 줄여 빠른 이동이 가능하도록 할 것으로 보인다. 능구렁이가 속하는 *Dinodon*

속 뱀들의 주 서식지는 대만, 라오스, 베트남, 중국 동부 및 남부에 분포하며 (Kang and Yoon, 1975; Maslov and Kotlobay, 1998), 공통적으로 마름모꼴의 비늘을 가진다 (Glass, 1946; Song, 1998; Jia *et al.*, 2010). 비록 국내 능구렁이 종의 기원에 대한 연구가 수행된 바는 없지만, 본 연구에서 능구렁이 속의 독특한 마름모 형태의 비늘이 확인됨을 고려할 때, 국내에 서식하는 능구렁이는 앞선 지역들로부터 최근에 한반도로 유입되었을 가능성을 보여주는 결과이기도 하다.

국내에서 발견되는 쇠살모사, 살모사, 까치살모사의 비늘 특성은 이들의 분류학적인 측면에서도 유사성을 나타냈다. 전통적으로 살모사과 3종의 경우 위에 나타나는 흰색 선과 몸통에 나타나는 흑색 반점 무늬, 꼬리에 나타나는 노란색 말단 등에 근거하여 종을 구분한다 (Lee *et al.*, 2011b). 또한 동위효소분석 (allozyme analysis) 이나 미토콘드리아 유전자의 특성을 근거로 분류하기도 한다 (Paik *et al.*, 1979; Han *et al.*, 2015). 앞선 결과들을 살펴보면, 쇠살모사와 살모사 두 종이 까치살모사보다 더 근연한 것으로 판단된다. 본 연구에서도 몸통에 나타나는 등비늘 열수 및 배면에 가장 가까운 최외각 등비늘의 너비/길이 비의 경우 각각 까치살모사가 쇠살모사 및 살모사와 명확히 구분되었지만, 쇠살모사와 살모사 두 종은 매우 유사하였다. 더불어 등비늘의 너비/길이 비의 경우 까치살모사와 쇠살모사만 뚜렷한 차이를 보였다. 이러한 차이는 형태 및 분자생물학적인 방법을 통해 살모사과 3종 분류한 기존의 결과와 일치하는 것이다. 야외에서 살모사과 3종 간의 구분이 종종 어려운 것을 고려할 때 (Kim and Han, 2009), 비늘 특성 역시 종을 구분하는 중요한 자료로 이용할 수 있다는 것을 보여준다.

서식환경이나 행동에 영향을 받으며 변화·적용하는 생물의 형태는 생존에 필수적인 요소로 작용한다. 따라서 종에서 나타나는 형태적인 특징은 각 서식 환경에 최적화되어 적응 및 진화한 결과라고 볼 수 있다. 계량형태학적인 방법을 통해 국내 서식하는 9종을 비교한 본 연구에서는 종마다 가지고 있는 독특한 특징이 나타났으며, 비늘 및 용골의 수나 형태는 각 종을 분류하는 유용한 키가 될 것으로 기대된다. 또한 생태적으로나 유전적으로 근연한 종에서는 보다 유사한 형태적 특징을 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 유전적인 부분과 표현형(형태)적인 부분이 어느 정도 일치하게 나타난다는 것을 보여준다. 비록 모든 종이 아닌 특징이 있었던 양 극단의 종들 위주로 분석이 되었기 때문에 중간 형질을 보였던 종들을 해석하는 데에는 제한적이었다. 하지만 국내 최초로 한국산 뱀 9종에 대한 비늘의 형태적인 특징을 제시함과 동시에 차이를

비교하였고, 생태 혹은 서식 환경에 대한 여러 가지 논의와 가능성을 제시하였다. 마지막으로 국내 파충류와 관련된 형태적인 연구들이 미진함을 고려할 때 본 연구의 결과는 추후 국내 파충류를 대상으로 추가적인 연구의 필요성을 높이는 역할을 할 것이다.

적 요

환경에 직접적으로 노출된 파충류의 비늘(scale)은 생물의 서식환경, 생활사, 기초생태 등을 잘 반영하기 때문에 종의 특징을 이해하는 중요한 요소가 된다. 이에 본 연구에서는 한국에 서식하는 뱀류의 외부 형태에 따른 종적 차이를 밝히기 위해 국내 서식하는 뱀과 (Colubridae) 내 6종 (무자치 *Oocatochus rufodorsatus*, 누룩뱀 *Elaphe dione*, 유헤목이 *Rhabdophis tigrinus*, 대륙유헤목이 *Amphiesma vibakari*, 능구렁이 *Dinodon rufozonatum*, 실뱀 *Hierophis spinalis*) 과 살모사과 (Viperidae) 내 3종 (쇠살모사 *Gloydius ussuriensis*, 살모사 *G. brevicaudus*, 까치살모사 *G. saxatilis*) 총 9종을 대상으로 등비늘, 배비늘과 인접한 최외각 등비늘, 등비늘에 형성된 용골(keel) 그리고 배비늘에 대한 크기와 형태를 비교분석하였다. 연구결과, 뱀과와 살모사과 내 뱀들 사이 비늘의 형태적인 차이는 뚜렷했으며, 이들의 섭식 유형 및 이동성을 잘 반영하는 것으로 나타났다. 능구렁이는 다른 종들과 다르게 독특한 마름모형의 등비늘을 가지고 있었으며, 배비늘의 너비/길이 비도 다른 종들과 구분되었다. 용골의 경우 무자치, 능구렁이, 실뱀에서는 발견되지 않았으며, 누룩뱀은 등비늘의 일부에서만 확인되었다. 살모사 3종 간 비늘의 형태적 차이는 기존에 알려진 3종 간 유전적인 관계와도 부합되게 나타났다.

사 사

본 연구는 강원대학교 동물실험윤리위원회(KW-150225-1)의 허가를 받아 수행되었습니다. 연구 사용된 샘플을 제공해준 한강유역한강청에게 깊은 감사를 드립니다.

REFERENCES

- Abo-Eleneen, R.E. and A.A. Allam. 2011. Comparative morphology of the skin of *Natrix tessellata* (Family: Colubridae) and *Cerastes vipera* (Family: Viperidae). *Zoological*

- Science* **28**: 743-748.
- Arnold, S.J. and A.F. Bennett. 1988. Behavioural variation in natural populations. V. Morphological correlates of locomotion in the garter snake (*Thamnophis radix*). *Biological Journal of the Linnean Society* **34**: 175-190.
- Aubret, F., R. Shine and X. Bonnet. 2004. Evolutionary biology: adaptive developmental plasticity in snakes. *Nature* **431**: 261-262.
- Bowden, F.P. and D. Tabor. 1986. The friction and lubrication of solids. Clarendon Press, Oxford.
- Chung, K.H., M.C. Gye and J.Y. Song. 2000. Herpetofauna Biodiversity of Chin-do. *Korean Journal of Environmental Biology* **18**: 113-120. (in Korean with English abstract)
- Dohm, M.R. and T. Garland Jr. 1993. Quantitative genetics of scale counts in the garter snake *Thamnophis sirtalis*. *Copeia* **1993**: 987-1002.
- Filippi, E., L. Rugiero, M. Capula, D. Capizzi and L. Luiselli. 2005. Comparative food habits and body size of five populations of *Elaphe quatuorlineata*: the effects of habitat variation, and the consequences of intersexual body size dimorphism on diet divergence. *Copeia* **2005**: 517-525.
- Fitch, H.S. 1941. Geographic variation in garter snakes of the species *Thamnophis sirtalis* in the Pacific Coast region of North America. *The American Midland Naturalist* **26**: 570-592.
- Gans, C. 1974. Biomechanics, an approach to vertebrate Biology, Lippincott, Philadelphia.
- Gans, C. and D. Baic. 1977. Regional specialization of reptilian scale surfaces: relation of texture and biologic role. *Science* **195**: 1348-1350.
- Glass, B.P. 1946. A collection of reptiles from Hunan and Anhwei provinces, China. *Copeia* **1946**: 249-252.
- Gray, J. and H.W. Lissmann. 1950. The kinetics of locomotion of the grass snake. *Journal of Experimental Biology* **26**: 354-367.
- Han, X., S. Zhao and C. Xu. 2015. Sequence and organization of the complete mitochondrial genome of the Ussuri mamushi (*Gloydius ussuriensis*). *Mitochondrial DNA. Part A, DNA Mapping, Sequencing, and Analysis* **27**: 2617-2618.
- Hazel, J., M. Stone, M.S. Grace and V.V. Tsukruk. 1999. Nanoscale design of snake skin for reptation locomotions via friction anisotropy. *Journal of Biomechanics* **32**: 477-484.
- Jia, S.B., L. Jia, H.C. Yan, J.B. Zhang, C.M. Wang, B. Cheng and X.L. Miao. 2010. Distribution pattern of snakes in Western Shandong Province. *Sichuan Journal of Zoology* **1**: 022.
- Kadowaki, S. 1994. A Preliminary Study of the Ecology of a Japanese Snake Community-Species Composition over Five Years. *Japanese Journal of Herpetology* **15**: 126-130.
- Kang, Y.S. and I.B. Yoon. 1975. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 17. Amphibia and Reptilia. Sam Hwa Press, Seoul. (in Korean)
- Kim, B.S. 2011. A study on the ecology of the ussuri mamushi *Gloydius ussuriensis* from Jeju Island, Korea. Requirement paper for the degree of Doctor of Philosophy. Jeju National University. (in Korean with English abstract)
- Kim, B.S. and H.S. Oh. 2014. Foods use of the red-tongued viper snake (*Gloydius ussuriensis*). *Korean Journal of Environment and Ecology* **28**: 657-663. (in Korean with English abstract)
- Kim, I.H., H.J. Lee, H.S. Park and D.S. Park. 2015. Daily activity pattern of the diurnal Dione's Ratsnake (*Elaphe dione*) and nocturnal red-banded snake (*Dinodon rufozonatum*). *Korean Journal of Herpetology* **6**: 14-20. (in Korean with English abstract)
- Kim, L.T. and G.H. Han. 2009. Joseon animal - amphibians and reptiles. Science and technology publisher. (in Korean)
- Klauber, L.M. 1997. Rattlesnakes: Their habitats, life histories, and influence on mankind. Second Edition. First published in 1956, 1972. University of California Press, Berkeley.
- Kleese, W.C. 1981. Dermal Iridophores in snake; Correlations with habitat adaptation and phylogeny. The University of Arizona. pp. 39.
- Koo, K.S., J.Y. Song and M.H. Chang. 2015. Mating behavior of Reeves' turtle, *Mauremys reevesii*. *Journal of National Park Research* **6**: 111-114. (in Korean with English abstract)
- Koo, K.S., M.H. Chang, J.Y. Song and K.H. Chung. 2004. Studies on the morphological and morphometric analysis between *E. rufodorsata* and *E. dione*. *Journal of Kyonggi Basic Science* **17**: 209-218. (in Korean with English abstract)
- Lee, H.J., J.H. Lee and D. Park. 2011a. Habitat use and movement patterns of the viviparous aquatic snake, *Oocatochus rufodorsatus*, from Northeast Asia. *Zoological Science* **28**: 593-599.
- Lee, J.H., D. Park and H.C. Sung. 2012. Large-scale habitat association modeling of the endangered Korean ratsnake (*Elaphe schrenckii*). *Zoological Science* **29**: 281-285.
- Lee, J.H., H.J. Jang and J.H. Suh. 2011b. Ecological Guide Book of Herpetofauna in Korea. National Institute of Environmental Research, Incheon, South Korea. (in Korean)
- Maderson, P.F.A. 1966. Histological changes in the epidermis of the Tokay (*Gekko gekko*) during the sloughing cycle. *Journal of Morphology* **119**: 39-50.
- Maslov, D.A. and A.A. Kotlobay. 1998. *Dinodon rufozonatum* (Red Banded Snake). *Herpetological Review* **29**: 111-112.
- Mullin, S.J. 1996. Adaptations facilitating facultative oophagy in the gray rat snake, *Elaphe obsoleta spiloides*. *Amphibia-Reptilia* **17**: 387-394.
- Oufiero, C.E., G.E. Gartner, S.C. Adolph and T. Garland. 2011. Latitudinal and climatic variation in body size and dorsal scale counts in *Sceloporus* lizards: a phylogenetic perspective. *Evolution* **65**: 3590-3607.
- Paik, N.K., Y.J. Kim and S.Y. Yang. 1979. Biochemical Vari-

- ation and Systematic Status of the Genus *Agkistrodon* (Crotalidae) in Korea. *The Korean Journal of Zoology* **22**: 153-164.
- Porter, W.P. 1967. Solar radiation through the living body walls of vertebrates with emphasis on desert reptiles. *Ecological Monographs* **37**: 273-296.
- Pough, F.H. and J.D. Groves. 1983. Specializations of the body form and food habits of snakes. *American Zoologist* **23**: 443-454.
- Price, R.M. 1982. Dorsal snake scale microdermatoglyphics: ecological indicator or taxonomic tool?. *Journal of Herpetology* **16**: 294-306.
- Scherge, M. and S.N. Gorb. 2001. Biological micro- and nanotribology. Springer Science & Business Media, Berlin.
- Shrewsbury, K. 1968. The constricting habits of *Lampropeltis* (King-Snakes) and *Elaphe* (Rat Snakes). *Proceeding of the Oklahoma Academy of Science* **48**: 274-276.
- Song, W. 1998. Resources of snakes in Huangfu mountain natural preservation fields, Anhui Province. *Journal of Anhui Agro Technical Teachers College* **2**: 012.
- Soule, M. 1966. Trends in the insular radiation of a lizard. *The American Naturalist* **100**: 47-64.
- Soule, M. and W.C. Kerfoot. 1972. On the climatic determination of scale size in a lizard. *Systematic Zoology* **21**: 97-105.
- Street, D. 1979. The Reptiles of Northern and Central Europe. London: B.T. Batsford Ltd. pp. 268.
- Sura, P. 1981. Captive breeding of *Elaphe rufodorsata* and *Rhabdophis tigrinus* from the Korean People's Democratic Republic. *The British Herpetological Society Bulletin* **3**: 20-24.
- Tanner, V.M. 1933. A study of the variation of the dorsal scale rows of *Charina bottae* (Blainville). *Copeia* **1933**: 81-84.
- Weatherhead, P.J., G. Blouin-Demers and K.M. Cavey. 2003. Seasonal and prey-size dietary patterns of black ratsnakes (*Elaphe obsoleta obsoleta*). *The American Midland Naturalist* **150**: 275-281.