

강원도 철원지역과 전라남도 동부지역에 서식하는 한국고라니 (*Hydropotes inermis argyropus*)의 중금속 축적 분석

박 보 현 · 김 백 준^{1,2} · 이 상 돈^{1,*}

이화여자대학교, 에코과학부, ¹이화여자대학교, 환경공학과,
²서울대학교 수의과대학

Heavy Metal Accumulation Analyses of the Korean Water Deer (*Hydropotes inermis argyropus*) in Cheorwon, Gangwon Province and the Eastern Part of Jeonnam Province

Bo-Hyeon Park, Baek-Jun Kim^{1,2} and Sang-Don Lee^{1,*}

Ewha Womans University, Department of EcoScience, Seoul 120-750, Korea
¹Ewha Womans University, Department of Environmental Science and Engineering, College of Engineering, Seoul 120-750, Korea
²Conservation Genome Resource Bank for Korean Wildlife (CGRB), College of Veterinary Medicine and BK21 Program for Veterinary Science, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

Abstract – The Korean water deer (*Hydropotes inermis argyropus*) is an endemic species and one of the common species in Korea. The species ranges throughout the Korean peninsula and plays an important role as herbivores in natural ecosystem. Therefore, the species could be used as a good bio-indicator to monitor the quality of habitats. This study was to estimate the concentrations of five heavy metals (Fe, Cu, Zn, Cd and Pb) from three different organs (kidney, liver and spleen) in the Korean water deer. According to the analyses of heavy metal accumulations, the concentration of Fe is higher than Cu, Zn, Cd and Pb from all the organs. Among the organs, spleen (286.50) showed higher heavy metal concentrations than kidney (39.40) and liver (23.21 $\mu\text{g g}^{-1}$). In general, the concentrations of the heavy metals were about two times higher in Cheorwon, Gangwon province than in the Eastern part of Jeonnam province. In particular, Cd and Pb showed a significant difference ($P < 0.05$). Except for Fe in spleen, all of the heavy metal concentrations were below background levels.

Key words : Korean water deer, bio-indicator, heavy metal, Cd, Pb, background level

서 론

18세기 산업혁명 이후 인간의 무분별한 개발은 생태계의 오염을 초래하였고 더 나아가 생태계 순환과정까지 지속적으로 파괴해오고 있다. 우리나라 역시 1970년

* Corresponding author: Sang-Don Lee, Tel. 02-3277-3545, Fax. 02-3277-3275, E-mail. lsd@ewha.ac.kr

대 이후 급속한 경제성장을 이룩하였지만, 인구의 도시 집중과 도시의 팽창, 그에 따른 생활하수 및 산업폐기물의 증가, 화석 연료의 배출에 의한 대기오염 등의 제반 공해문제가 심각하게 야기되고 있는 실정이다. 이러한 급속한 산업발전에 따른 생태계의 파괴와 화학물질에 의한 오염은 인간과 더불어 야생동물에 부정적인 영향을 미치고 있다. 특히, 중금속의 생산과 배출은 생태계의 안정성에 위협이 되는 요인 중에 하나로 알려져 있다 (Kim *et al.* 2007).

중금속은 오래 전부터 인간에 의해 이용되어 왔으나, 독성물질로써 중요한 연구의 대상이 된 것은 비교적 최근의 일이다. 더욱이 중금속은 여러 경로를 통해 생물체에 유입된 후 생체 내에 축적되고 독성을 나타내므로 생물체, 특히 동물의 생존에 큰 위협을 주고 있다 (Webb and Etienne 1976; Laskey *et al.* 1984; Honda *et al.* 1986). 그중에서 납과 카드뮴과 같은 중금속은 소량으로도 내분비계와 같은 생리체계에 해로운 영향을 주는 것으로 알려져 있다 (Janssen *et al.* 2003; Dauwe *et al.* 2004). 따라서 이러한 중금속의 분석은 환경적 조건을 모니터링할 수 있는 생물지표 (bio-indicator)로 유용하게 이용되고 있다 (Arndt *et al.* 1987).

과거에는 생물지표의 대상으로 식물종을 이용하였지만 최근에는 동물종을 많이 이용해 오고 있다 (Wittig 1993). 국외에서 중금속 축적에 관한 연구는 분포범위가 넓고, 행동권이 좁으면서 고유의 영역을 가지는 유럽노루 (*Capreolus capreolus*)를 대상으로 활발히 진행되어 왔다 (Grodzinska *et al.* 1983; Wren 1986; Tataruch 1991; Findo *et al.* 1993; Pokorny 2000). 그러나 국내에서 유럽노루와 같은 초식동물을 대상으로 한 중금속 축적에 관한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다 (최 등 1994; 장과 권 2001).

우리나라에서 가장 대표적인 초식동물의 하나로 고라니 (*Hydropotes inermis*)를 꼽을 수 있을 것이다. 고라니는 소목, 사슴과, 고라니속에 속하는 종으로 전 세계적으로 두 아종만이 분포한다. 중국고라니 (*H. i. inermis*)는 중국의 양쯔강 주변에 제한적으로 분포하고 IUCN (Hilton-Taylor 2000)과 중국정부 (Wang 1998)에 의해 Lower Risk/Near Threatened species와 Vulnerable species로 각각 보호받고 있다. 이와 대조적으로, 한국고라니 (*H. i. argyropus*)는 한반도 일대에 두루 서식하고 있는 것으로 알려져 있다 (Won and Smith 1999). 한편, 고라니는 행동권과 영역의 측면에서 유럽노루와 매우 유사한 특성을 가지고 있어 중금속 축적에 관한 연구를 위한 적합한 대상종이 될 것으로 생각된다. 이 연구의 목적은 한국고라니의 장기 조직에서 중금속 (Fe, Cu, Zn, Cd, Pb)의 축

적 정도를 파악하기 위함이다.

재료 및 방법

1. 연구 지역

이 연구에서는 지리적으로 멀리 떨어진 곳에 위치한 2개 지역, 한반도 중부에 위치하고 있는 강원도 철원지역과 한반도 남부에 위치하고 있는 전라남도 동부지역을 대상으로 하였다. 철원지역은 한탄강을 중심으로 북서부 평야지역과 남동부 산지지역으로 크게 양분되며, 지질학적으로 현무암으로 이루어진 용암대지로 알려져 있다 (철원군청 2008). 한편, 군사상 중요한 위치에 있어 군부대가 밀집해 있으며 개발과 관광이 지속적으로 증가하고 있는 것으로 알려져 있다. 전라남도 동부지역은 남한 내의 최대 곡창지대로 알려져 있으며, 동쪽으로는 소백산맥의 고산지가 서쪽으로는 노령산맥의 구릉성 저산지가 분포하고 있다 (노 2007). 특히, 순천의 경우 국내 최대연안습지로 알려져 있다. 이 두 연구 대상지역은 다른 지역들에 비해 상대적으로 자연환경이 우수한 지역으로 고라니를 포함한 많은 야생동물들에게 질 높은 서식지를 제공하고 있다 (환경부 1998).

2. 샘플링과 중금속 분석

중금속 분석을 위해 강원도 철원지역과 전라남도 동부지역에서 2007년 1월부터 2008년 9월까지 로드킬이나 자연사에 의해 폐사된 고라니 21개체 (암컷: 6; 수컷: 7; 미분류: 8개체)를 야생동물유전자원은행 (CGRB)을 통하여 제공받았다 (Table 1). 전라남도 동부지역의 경우, 모든 샘플이 순천시 부근의 시와 군에서 채집되었지만 곡성군의 한 샘플을 제외한 나머지에 대해서는 정확한 채집지에 대한 정보를 얻을 수 없었다. 대부분의 고라니 사체는 폐사 후 비닐로 밀봉되어 -20°C 냉동고에 보관되어 있었다. 냉동된 고라니 사체는 해동시킨 후, Hegstrom and West (1989)의 방법을 따라 중금속 오염분석을 위해 간 (liver), 신장 (kidney), 비장 (spleen)을 추출하였다.

중금속 축적 정도를 측정하기 위해 냉동 보존된 각각의 조직을 해동시켜 균질화한 다음, 추출된 신장과 간 그리고 비장을 질산염으로 소독한 스테인레스 도구를 이용하여 탈이온화수로 세척한 후 사용하였다. 각 장기는 바이엘 (brociliate glass vials)에 분석될 때까지 보관하였다. 분석 시 장기는 75°C 에서 48시간 동안 건조하였다. 이렇게 준비된 샘플의 약 3~5g을 황산, 질산, 과염소산에 의해 습식켈달분해법으로 120°C 로 가열분해하였으며, 분해액은 100 mL로 정량하였다. 이때 분해액

Table 1. List of the Korean water deer collected in this study

Population	Sex	Weight (kg)	Location
Cheorwon, Gangwon province (n=11)	M ¹	13.4	Cheorwon county
	F ²	13.5	"
	M	14.0	"
	M	-	"
	F	-	"
	F	-	"
	- ³	-	"
	-	-	"
Eastern part of Jeonnam province (n=10)	M	13.4	Unidentified
	F	-	Gokseong county
	F	16.7	Unidentified
	M	-	"
	M	-	"
	-	-	"
	-	-	"
	-	-	"
Total		n=21	

¹: male; ²: female; ³: no information

이 담긴 플라스크에 시계접시(중발접시)를 덮고, 실험용 후드 안에서 백연이 나올 때까지 가열하였다. 부유물질 제거를 위해 유리섬유 여과지(Whatman filter paper No. 44)를 사용하였다(이 2003). 전처리 과정을 거친 후 샘플은 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy; 유도결합플라즈마-광발광 분광기)에 의해 분석되었는데, 모두 5가지의 중금속 항목(Fe, Cu, Zn, Cd, Pb)이 조사되었다. 두 지역 간 중금속 농도의 비교는 SPSS version 13.0을 이용하여 One-way ANOVA로 유의성을 검정하였다.

결 과

이 연구에서는 21개체의 한국고라니의 3가지 장기 조직(신장, 간, 지라)에서 5가지 중금속(Fe, Cu, Zn, Cd, Pb)의 농도를 분석하였다(Fig. 1). 각 장기 조직의 전체 중금속 농도의 평균값은 다음과 같다: 신장의 경우, 철, 구리, 아연, 카드뮴, 납의 농도는 각각 31.27, 1.63, 9.50, 0.40, 0.03 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Data not shown); 간의 경우, 53.38, 15.46, 18.39, 0.06, 0.09 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Data not shown); 비장의 경우에는 286.50, 39.40, 23.21, 0.12, 0.06 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Table 2; Fig. 1). 일반적으로 두 지역에서 5가지의 중금속 중, 철의 농도가 아연과 구리의 농도에 비해 높게 나타났고, 카드뮴과

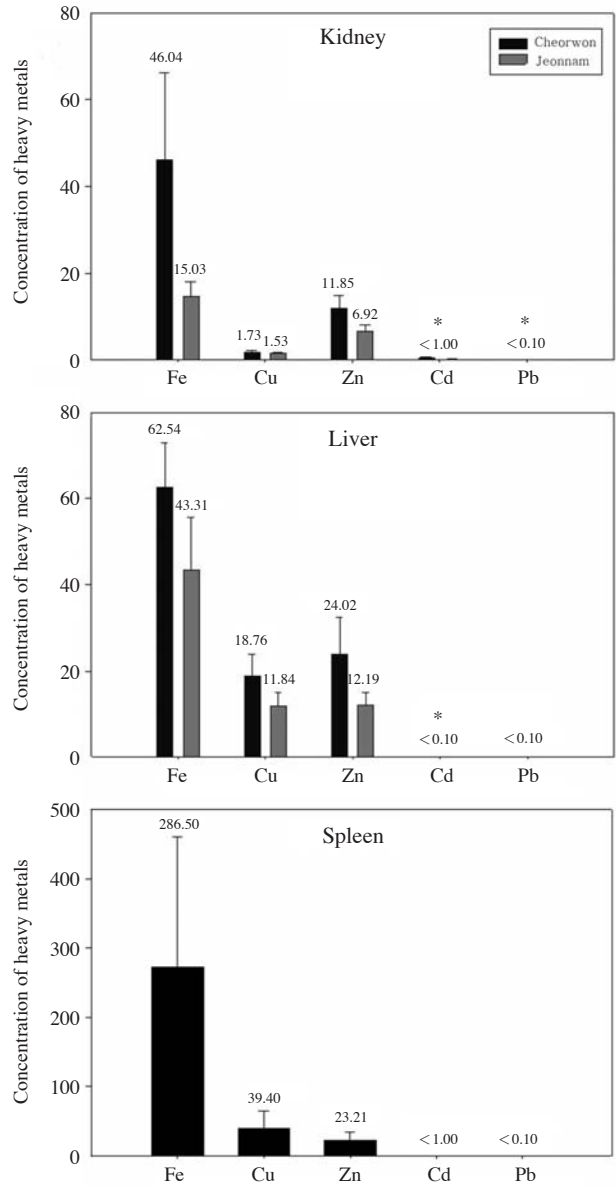


Fig. 1. Concentrations ($\mu\text{g g}^{-1}$) of three heavy metals in kidney (top), liver (middle) and spleen (bottom) of the Korean water deer. An asterisk (*) means a significant difference between two locations (Cheorwon, Gangwon province and the Eastern part of Jeonnam province) at the level of $\alpha=0.05$.

납은 매우 낮은 농도를 보였다(Fig. 1). 또한, 신장과 간에서 모든 중금속의 농도는 철원지역이 전라남도 동부지역에 비해 약 두 배 정도 높은 양상을 보여주었다(Table 2, Fig. 1). 특히, 카드뮴과 납의 경우에는 그 농도는 미미하지만 철원지역이 전라남도 동부지역에 비해 유의하게 높은 수치를 보였다($P<0.05$; Fig. 1). 그러나 간에서 납의 농도는 두 지역 간에 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$; Fig. 1). 한편, 지라의 경우 다른 장기

Table 2. Concentrations ($\mu\text{g g}^{-1}$) of Cd and Pb in three organs of the Korean water deer

	Type of heavy metal	Population (n=21)	
		Cheorwon, Gangwon province (n=11)	Eastern part of Jeonnam province (n=10)
Kidney	Cd	0.55±0.20	0.12±0.04
	Pb	0.33±0.02	0
Liver	Cd	0.08±0.03	0.03±0.01
	Pb	0.03±0.03	0.05±0.02
Spleen	Cd	0.12±0.06	- ¹
	Pb	0.06±0.06	-

¹: concentration was not estimated

조직에 비해 상대적으로 높은 철과 구리의 축적 양상을 보여주었다 (Fig. 1). 특히, 철의 경우 지라(286.50)에서 신장(39.40)과 간(23.21 $\mu\text{g g}^{-1}$)에 비해 약 10배 정도 높은 값을 보여 주었다(Fig. 1). 그러나 지역 간의 비교는 전라남도 동부지역에서 지라샘플의 미확보로 인하여 수행하지 못했다. 이러한 중금속의 농도는 지라의 철을 제외하고는 모두 백그라운드 수준(background level) 내로 낮게 나타났다.

고 찰

이 연구에서 21개체 고라니의 장기조직을 분석한 결과, 분석된 중금속 중에서 철의 농도가 가장 높게 나타났다(Fig. 1). 지라를 제외하고 신장과 간에서 모든 중금속의 농도는 백그라운드 수준을 넘지 않는 양상을 보였다. 이전 최 등(1994)의 한국고라니 중금속 분석 연구에 따르면, 간(n=5)의 경우에 철이 130.0, 구리가 176.0, 아연이 34.3, 카드뮴이 0.24 그리고 납이 0.48 $\mu\text{g g}^{-1}$ 의 농도를 보였다. 또한 근육(n=3)의 경우에는 각각 36.7, 2.26, 16.2, 0.04, 0.57 $\mu\text{g g}^{-1}$ 의 농도를 보였다. 신장(n=1)의 경우에는 각각 102.0, 4.25, 18.5, 0.18, 0.22 $\mu\text{g g}^{-1}$ 의 농도를 보였다. 그중에서 비교가 가능한 간과 신장의 중금속 수치는 이번 연구에서 측정된 동일 중금속의 농도보다 대체로 높은 값을 보여주는 것으로써, 이용된 21개체의 고라니의 중금속 축적 정도가 백그라운드 수준 이하로 검출됨을 보여주었다(철원지역: 철 62.54, 구리 18.76, 아연 24.02, 카드뮴 0.08, 납 0.09 $\mu\text{g g}^{-1}$; 전라남도 동부지역: 철 43.31, 구리 11.84, 아연 12.19, 카드뮴 0.03, 납 0.10 $\mu\text{g g}^{-1}$; Table 2, Fig. 1). 그러나 지라와 근육의 중금속 수치는 분석 자료의 부재로 비교할 수 없었다(Table 2, Fig. 1).

철원지역과 전라남도 동부지역의 중금속 농도 비교에

서는 철원지역이 대체로 높은 수치를 보였다(Fig. 1). 특히, 카드뮴과 납의 경우 그 차이가 매우 유의하게 나타났다(Table 2). 이러한 결과는 다음과 같은 원인들에 기인할 것으로 추측된다. 첫째, 철원지역의 지질학적 특성에 그 원인이 있을 수 있을 것이다. 철원지역은 신생대 제4기에 활발한 화산활동에 의하여 분출된 암석인 현무암으로 이루어진 용암대지에 위치한다. 이 현무암은 철과 마그네슘(Mg) 등의 광물이 풍부한 것으로 알려져 있다(민과 진 1999). 둘째, 철원지역에 위치한 군사시설에서의 오염에 그 원인이 있을 수 있을 것이다. DMZ와 밀접한 철원지역은 군사학적으로 매우 중요한 지형학적 위치에 있어, 이곳에서 사격과 같은 군사 활동이 빈번히 이루어지고 있다(권과 구 1996). 마지막으로, 최근 증가하는 개발과 관광으로 인한 오염에 그 원인이 있을 수 있을 것이다(권과 구 1996). 그러나 이 연구에서는 철원지역과 전라남도 동부지역의 대조군이 되는 토양 샘플들의 중금속 분석이 수행되지 못하여 정확한 원인을 규명하기에는 어려울 것으로 생각된다.

한편, 지라의 철 농도(286.50 $\mu\text{g g}^{-1}$)는 이전 연구(최 등 1994)와 이번 연구에 이용된 다른 조직의 철 농도에 비해 매우 높은 값을 보였다(Fig. 1). 일반적으로 비장은 적혈구를 파괴하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다(성 등 1999). 따라서 이곳에서 파괴된 적혈구 내의 철이 신장 및 간과 조직보다 더 높은 농도로 축적되어 있는 것으로 생각된다. 그러나 나머지 4가지 중금속 농도의 경우에 대체적으로 유사한 양상을 보이고, 철을 제외한 구리, 아연, 카드뮴 그리고 납의 농도는 과대평가(over-estimation) 양상을 보이지 않아 중금속 분석에 이용될 수 있으리라 생각한다. 한편 많은 척추동물의 중금속에 관한 연구의 경우, 비장을 제외한 간, 신장, 뼈, 근육을 중심으로 연구하기 때문에 중금속의 농도에 대한 백그라운드 수준을 비교할 수는 없었다.

이 연구는 이전의 최 등(1994)의 연구(n=3 또는 5)보다 상대적으로 많은 개체의 고라니(n=11 또는 10)를 대상으로 서로 멀리 떨어진 강원도 철원지역과 전라남도 동부지역을 대상으로 보다 확장된 중금속 분석을 수행하였다. 그러나 다음과 같은 문제점들을 피하기는 어려울 것으로 생각된다. 첫째, 이용된 고라니 개체의 연령(또는 무게)과 성에 대한 정확한 정보를 제시하지 못하고 있다. 일반적으로 중금속의 축적 정도는 개체의 연령 혹은 성 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 이 연구에서는 주로 자연사 혹은 로드킬에 의해 폐사된 개체를 이용하였기 때문에, 많은 경우 그 외부형태가 심하게 훼손되어 연령과 성을 구별하기 어려웠다. 둘째, 전라남도 동부지역의 경우 샘플의 정확한 위치 정보를 얻지 못하

여 해당 지역의 토양을 샘플링하지 못하였다. 샘플링 지역의 정확한 정보는 대조군이 되는 토양샘플의 채집에 매우 중요한 것으로 생각된다. 그러나 대부분의 샘플은 순천시 부근의 전라남도 동부지역에 위치한 군 또는 시에서 수집된 것으로 확인되었다. 차후 보다 확장된 샘플링과 더불어 대조군이 되는 토양샘플에 대한 중금속 분석도 함께 병행될 필요가 있을 것으로 생각된다. 특히, 고라니는 물을 좋아하는 행동습성으로 인해 하천을 포함한 습지 주위에 주로 분포하는 것으로 알려져 있다(Cooke and Farrell 1983). 따라서 고라니의 중금속 분석은 물과 토양 및 식생의 오염에 따른 서식지의 질을 평가하는데 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 연구는 고라니 개체군과 서식지의 보전과 관리에 매우 중요한 것으로 생각된다. 추가적으로 장기적인 샘플 확보의 용이성과 중금속 분석의 반복성의 한계를 극복하기 위해서 분변과 같은 샘플을 이용한 비침습적인 방법(non-invasive method)이 보다 효과적인 방법으로 생각된다.

적 요

한국고라니(*Hydropotes inermis argyropus*)는 우리나라의 고유종으로 가장 흔한 종의 하나이다. 이 종은 한반도 전역에 널리 분포하며 자연생태계에서 초식자로서 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 따라서 고라니는 서식지의 질을 모니터링하는데 하나의 좋은 생물지표종으로 이용될 수 있을 것이다. 이 연구에서는 강원도 철원지역과 전라남도 동부지역에서 수집된 한국고라니의 서로 다른 3가지 조직(신장, 간, 지라)에서 5가지 중금속(Fe, Cu, Zn, Cd, Pb)의 농도를 측정하였다. 중금속 농도의 분석에 따르면, 철의 농도는 구리, 아연, 카드뮴, 납에 비해 모든 조직에서 높게 나타났다. 이중, 지라(286.50)가 신장(39.40)과 간(23.21 $\mu\text{g g}^{-1}$)에 비해 높은 중금속 축적을 보였다. 일반적으로, 중금속의 농도는 전남 동부지역에 비해 강원도 철원지역에서 조금 높게 나타났다. 특히, 카드뮴과 납의 경우 매우 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 이러한 중금속의 농도는 지라의 철을 제외하고는 모두 백그라운드 수준(background level) 내로 낮게 나타났다.

사 사

이 연구는 NIER grant (16000-16001-2) 및 SWRRC grant (1-0-3)와 Smart Highway (1-2-1)의 지원을 받아 수

행되었습니다. 또한 연구에 필요한 샘플을 분양해 주신 야생동물유전자원은행(CGRB)의 이항 교수님께 진심으로 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 권기현, 구자건. 1996. 강원도 폐광지역 개발계획과 환경보전 대책. 환경영향평가. 5:59-70.
- 노관규. 2007. 순천시 환경백서. 순천시청.
- 민경원, 진호일. 1999. 철원지역 현무암의 암석학적 및 물리적 화학적 특성 연구. 석재연 논문집. 4:255-262.
- 성환후, 민관식, 박진기, 박성재, 양병철, 이장형, 장원경. 1999. 한우 황체세포의 Progesterone 및 IGF-I 분비에 대한 비장세포의 역할. 한국동물번식학회지. 23:105-111.
- 이상돈. 2003. 금호강에 서식하는 소형포유류의 중금속 축적에 관한 연구. 환경생물. 21:257-261.
- 장종식, 권오덕. 2001. 도축 사슴의 체조직에 카드뮴 함량에 관한 조사 연구. 한국임학회지. 24:95-99.
- 철원군청. 2008. 2008 강원도 철원군 기본통계. 철원군청.
- 최재식, 정위현, 윤기식, 이두표. 1994. 경남지역에 서식하는 수렵조수류의 중금속 축적. 한국임학회지. 83:6-11.
- 환경부. 1998. 전국자연환경 전국기초조사보고서 2차년도, 환경부.
- Arndt U, W Nobel and B Schweizer. 1987. Bioindatoren: Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. Ulmer, Stuttgart.
- Cooke A and L Farrell. 1983. Chinese water deer. The British Deer Society.
- Dauwe T, E Janssens, B Kempnaers and M Eens. 2004. The effect of heavy metal exposure on egg size, eggshell thickness and the number of spermatozoa in blue tit *Parus caeruleus* eggs. Environ. Pollut. 129:125-129.
- Findo S, P Hell, J Farkas, B Mankovska, M Zilinec and M Stanovsky. 1993. Akkumulation von ausgewählten Schwermetallen beim Rot-und Rehwild im zentralen Teil der Westkarpaten (Mittelslowakei). Z. Jagdwiss. 39:181-189.
- Grodzinska K, W Grodzinski and SI Zeveloff. 1983. Contamination of roe deer forage in a polluted forest of southern Poland. Environ. Pollut. 30:257-274.
- Hegstrom LJ and SD West. 1989. Heavy metal accumulation in small mammals following sewage sludge application to forest. J. Environ. Qual. 18:345-349.
- Hilton-Taylor C. 2000. 2000 IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, World Conservation Union, Gland, Switzerland.
- Honda K, BY Min and R Tatsukawa. 1986. Organ and tissue distribution of Heavy metals and age-related changes in the eastern great white egret, *Egretta alba modesta*, in Korea. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 15:185-197.

- Janssen DL, T Dauwe, R Pinxten, L Bervoets, R Blust and M Eens. 2003. Effects of heavy metal exposure on the condition and health of nestling of the great tit (*Parus major*), a small songbirds species. *Environ. Pollut.* 126:267-274.
- Järup L. 2003. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin. Br. Med. Bull.* 68:167-182.
- Kim J, H Lee and TH Koo. 2007. Heavy-metal concentrations in three owl species from Korea. *Ecotoxicology* 17:21-28.
- Laskey JW, GL Rehnberg, SC Laws and JF Hein. 1984. Reproductive effects of low acute doses of cadmium chloride adult male rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 73:250-255.
- Pokorny B. 2000. Roe deer *Capreolus capreolus* as an accumulative bioindicator of heavy metals in Slovenia. *Web Ecol.* 1:54-62.
- Tataruch F. 1991. Freilebende Wildtiere als Bioindikatoren der Schwermetallkontamination. *VDI Berichte* 901:925-936.
- Wang S. 1998. China Red Data Book of Endangered Animals (Mammal Volume). Science Press, Beijing (in Chinese).
- Webb M and AT Etienne. 1976. Studies on the toxicity and metabolism of cadmium thionein. *Biochem. Pharmacol.* 26:25.
- Wittig R. 1993. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants. pp.3-27. In *Plants as biomonitors: indicators for heavy metals in the terrestrial environment*. Markert B (ed.). VCH, Weinheim.
- Won CM and KG Smith. 1999. History and current status of mammals of the Korean peninsula. *Mamm. Rev.* 29:3-36.
- Wren CD. 1986. Mammals as biological monitors of environmental metal levels. *Environ. Monit. Assess.* 6:127-144.

Manuscript Received: July 27, 2009
Revision Accepted: November 15, 2009
Responsible Editor: Wonchoel Lee