

# 경북북부지역 재배한약재와 토양의 중금속 함량연구

김광중\* · 양재하 · 권영규 · 이현정

대구한의대 한의과대학 생리학교실

## Studis on the Heavy Metal Contents in Cultivated Herbal Medicines and Their Soils at North Kyungbuk Area

Kwang Joong Kim\*, Chae Ha Yang, Yong Kyu Kwon, Hyeun Jeung Lee

Department of Physiology, College of Oriental Medicine, Daegu haany University

The concentration of heavy metal were studied for the estimation of quality in herbal medicines which is Bupleuri Radix, Paeoniae Radix, Dioscoreae Rhizoma and Astragali Radix in products of north Kyungbuk area. And we compared with heavy metal concentration of herbal medicines in products of Kyungbuk and the other area of Korea. Also, we collected soils from several area in Kyungbuk, and determined heavy metal concentration of soils by ICP. We compared with herbal medicines in products of Kyungbuk and their soils. The results were as follow : Kyungbuk area appear to be more proper to cultivated land than other area. For the heavy metals contents of Kyungbuk area, in Gong Jung Ri, represented the higher level, it may be due to a near the road. Correlation coefficients of heavy metal contents in cultured herbal medicines and their soils did not give reproducibile results.

Key words : Kyungbuk area, Bupleuri Radix, Paeoniae Radix, Dioscoreae Rhizoma and Astragali Radix, Heavy Metal Contents

### 서 론

한약재는 식물, 동물, 광물의 천연산물을 그대로 또는 간단히 가공하여 질병을 치료하기 위하여 약용되어지는 것이므로 사실상 안전성 관계가 매우 중요하다. 하지만 과거의 깨끗한 환경과 달리 대기, 수질, 토양의 오염과 자동차의 증가 등 오염원이 복잡, 다양화되면서 한약재의 안전성 문제를 크게 위협하고 있다. 따라서 한약재의 품질확보의 수단으로 우선적으로 고려되어야 할 것은 유효성이나 안전성의 확보와 일정한 역가이다. 그리고 품질확보의 면에서 한약재 재배시 혹은 유통과정에 있어서 농약의 사용 또는 환경등 2차적인 요인으로 발생하는 잔류농약 또는 중금속 오염에 대한 모니터링에 의한 관리이다. 대부분의 한약재들이 재배되어 수요에 충족되고 있는데, 재배시 사용되는 농약의 종류, 사용량뿐만 아니라 인체에 축적되는 잔류량에 대한 의문이 증가되고 있고 토양오염에 의한 중금속 오염에도 관심이 고조되

고 있다. 이에 따라 보건복지부에서는 “생약 등의 중금속 허용기준 및 시험방법”을 고시하고 있으나<sup>1)</sup>, 인체의 기능을 장해하는 유독금속인 Hg, Cd, Cr, Pb, Ni 등이나 발암성 및 돌연변이성 독성금속인 Ni, As, Se, Sn, Sb, Te, Bi 등에 대해서는 개별중금속 기준이 설정되어 있지 않고 모든 중금속 전체합량이 30ppm 이내라는 단일규제기준만 있어 이러한 유해 금속들은 비록 미량일지라도 지속적인 섭취에 의한 체내의 농축이 문제가 되므로 질 높은 의료의 제공이란 면에서 이들에 대한 기준설정 및 검사방법에 대한 검토가 필요하다. 또한 한약재의 품질관리와 안전성확보를 위해서는 중금속이 건강에 직접, 간접으로 영향을 미치는 요인과 유해인자의 정확한 통계, 그리고 생육환경에 대한 오염원의 분석과 차단방법의 확립을 위한 노력이 필요하다.

급속한 산업화, 공업화로 인한 공해, 폐수, 농약, 자동차 매연 등으로 카드뮴, 납, 수은, 비소 등과 같은 중금속 화합물에 의한 환경오염이 심화되면서 대기, 수질 및 토양오염이 문제시되고 있다. 수은, 납, 카드뮴등의 중금속류는 생물체에 유해하고 자체 독성뿐 아니라 축적성도 있어서 먹이연쇄를 따라 농축된다. 또한, 이들은 토양 중에 이동성이 적고 축적성이 높아서 토양오염의 원인이 되고 있으며, 이로 인한 오염된 환경 속에서 생산된

\* 교신저자 : 김광중, 경북 경산시 점촌동 산75, 대구한의대학교 한의과대학

· E-mail : kwangj@dhu.ac.kr, · Tel : 053-770-2238

· 접수 : 2003/08/27 · 수정 : 2003/10/13 · 채택 : 2003/11/10

각종 농수산물과 한약재 또한 오염됐을 것으로 생각되며 특히 의약품의 원료가 되는 한약재의 경우 안전성이 의문시되고 있다. 만약 한약재가 중금속에 오염되어 있다면 그 실태를 정확히 조사하여 폐해를 극소화하거나 무해한 약재로 만들어서 공급되어야 할 것이다. 최근 한약재와 관련하여 많은 문제가 되고 있는 것 중의 하나가 한약재중에 여러 요인으로 인해서 혼입될 수 있는 중금속의 함량 기준이다.

중금속류는 유기물이나 영양 염류와는 달리 자연분해 및 미생물에 의한 분해가 극히 어렵고 지질 중의 무기 성분들과의 흡착 및 유기물과 배위공유 결합하여 분해 또는 자연 소실에 의해 안전한 형태로 되어 장기간 잔류 축적하게 된다<sup>2)</sup>. 중금속이 체내로 들어오면 13-16년의 반감기를 가지고 장기간 체내에 축적되어<sup>4)</sup> 금속을 포함하는 여러 효소의 활성을 저하시키고 뼈, 신장, 간에 만성 중독증상을 유발하며<sup>6)</sup>, 다른 중금속 또는 무기질과 상호 작용하여 동물의 성장을 저해한다고 보고되어 있다<sup>8)</sup>. 인체에서 외부로 배출되지 않는 특징으로 중금속에 오염된 농산물의 장기 섭취시 만성 축적 독까지 유발할 수 있고 특히 비소, 수은 등은 생물의 성장에 장애를 일으킨다. 그러나 중금속은 전체가 생물에 유해한 것이 아니고 생리작용에 있어 필요 불가결한 원소도 있으며 극소량 요구되는 경우도 있다.

금속원소 중에는 미량으로 인체에 필수 불가결한 것 (철, 아연, 구리, 코발트 등)도 있으나 이러한 필수금속도 필요이상으로 존재하면 유해현상을 나타낸다. 한약재의 안전성에 문제를 일으키는 중금속은 첫째, 극히 미량일지라도 인체의 기능을 장애할 수 있는 유독금속 (카드뮴, 비소, 수은, 대한 납, 크롬, 니켈 등)과 둘째, 발암성, 돌연변이성의 측면에서 유전자에 영향을 미치는 유전독성금속 (카드뮴, 코발트, 크롬, 망간, 니켈 등)으로 구별할 수 있다<sup>9,10)</sup>. 수은, 납, 카드뮴 등은 생물에서 전혀 필요성이 밝혀져 있지 않고 오히려 유해할 뿐이며 자체 독성뿐 아니라 축적성도 있어 먹이 연쇄를 따라 크게 농축되어, 미량일지라도 계속 섭취하는 경우 체내에 축적되는 것이 많아 장시간에 걸친 섭취량이 문제된다<sup>11-13)</sup>. 이러한 사실에 비추어 토양의 중금속 오염이 식물로 전달되는 관계에 대해 이미 보고된 논문이 있으나 그다지 많지 않은 상황이며 자연상태로 토양 중에 존재하는 중금속과 그 토양 중에서 재배된 한약재로의 중금속 전달에 대한 연구 역시 빈약한 실정이다. 중금속에 의한 토양의 오염은 장기간에 걸쳐 계속해서 토양에 축적되어 잔류하게 되고 그 지역에서 재배되는 농작물에 직접 또는 간접적으로 해를 미치게 된다. 그뿐만 아니라 중금속이 흡수된 농작물 및 한약재를 섭취할 경우 심각한 부작용을 야기할 수 있으며 그 독성으로 인한 피해가 더 클 수 있다 하겠다. 토양 중에 함유된 중금속의 농도는 환경오염과 결부시켜 활발한 연구가 진행되고 있다. 연구<sup>14-16)</sup>에 의하면 토양 내 중금속 함량과 동일지역에서의 식물, 동물 등 중금속 함량은 매우 상관성이 강한 것으로 나타났다. 그러나 현재 한약재와 재배토양과의 연구보고는 많지 않다. 지금까지 한약재의 중금속 함량에 관한 연구는 수중한약재를 대상으로 유해금속, 유전독성이 있는 중금속 함량을 조사한 연구<sup>17-20)</sup>, 한약재의 중금속 용출을 측정하는 연구 등은 보고되고 있으나, 재배토성별 중금속 함량 분포

와 상관성 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 각 산지에 따른 한약재들을 일정한 방법을 거쳐 전처리하여 함유되어 있는 중금속을 적절한 방법으로 분석하여 중금속의 허용 기준을 객관적으로 설정함에 있어 기초 자료를 제시하고자 하는 것이 본 연구의 목표인데, 현재 우리나라 한약 재배지 중에 경북북부지역이 전체 재배지의 30%에 달하고 있는 바 가장 먼저 다른 지역에 비하여 이 지역 약재의 효능과 안전성의 우수성을 확인하고자 한다.

특히 본 실험에서는 중금속위주의 한약재 안전성을 고찰하고자 함으로, 경북북부지역에서 생산되는 한약재중 임상에서 사용되는 시호, 작약, 산약 및 황기, 이 4종의 한약재를 대상으로 비소(As), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 크롬(Cr) 등의 중금속 함량을 분석하여 한약재의 오염도를 분석하고 이러한 한약재 중의 중금속 함량은 토양에서 기인하므로 경북북부 재배지 토양중의 중금속과 약재중의 중금속 함량을 비교하여 안전성연구 및 표준기준을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

## 연구방법

### 1. 실험 재료

#### 1) 실험 한약재 종류와 시료 수집

본 연구에서는 한약재의 안전성을 위해 보건복지부에서 규격화를 시행한 한약재 품목 중 경북북부지역을 중심으로 생산되는 처방에 빈도가 높은 시호, 작약, 산약 및 황기 4종을 시료로 선정하였다. 약재의 분석은 대표시료가 되도록 시료를 선정하였으며, 선택한 약재의 채집위치는 경북 북부지역의 대표성을 부여할 수 있는 대표적 중요 집산지를 택하였다. 집산지별 각각의 약재들을 먼저 200g씩 취하여 혼합하였고 여기서 다시 100g을 취하여 시료로 하였다. 각 종류의 한약재를 건조한 후 분쇄기로 분쇄하여 균질화 시켜서 1주일간 동결 건조시킨 다음 분석시료로 사용하였다. 모든 시료는 3회 반복 분석 후 평균값을 취하였다.

#### 2) 토양시료채취

오염원으로부터의 거리와 도로와의 거리 지형조건을 고려하여 재배작물인 황기, 시호, 작약, 산약 경작지 중에 경북 북부지역을 중심으로 6개 지역에서 토양 18건을 채취하였으며 Table 1에 표시하였다.

Table 1. Sampling Sites of Soil

Description	Sampling Sites	Number of Sample	Remark	
soil	Cultivated Soil of Paeoniae Radix (site I)	3	At a distance of 1km from the road	
	Cultivated Soil of Dioscoreae Rhizoma	(site II)	3	At a distance of 0.5km from the road/ Large scale cultivated area
		(site III)	3	
		(site IV)	3	
	Cultivated Soil of Astragali Radix (site V)	3	At a distance of 2km from the road	
Cultivated Soil of Bupleuri Radix (site VI)	3	At a distance of 2km from the road		

site I : Togat, Wonlim-Ri Namsun-Myun, Andong-Si, Kyungbuk. site II : Sasin-Ri I, Nokju-Myun, Andong-Si, Kyungbuk. site III : Sasin-Ri II, Nokju-Myun, Andong-Si, Kyungbuk. site IV : Sasin-Ri III, Nokju-Myun, Andong-Si, Kyungbuk. site V : Nurupsil I, Songsa-Ri, Gilan-Myun, Andong-Si, Kyungbuk. site VI : Nurupsil II, Songsa-Ri, Gilan-Myun, Andong-Si, Kyungbuk. \* Sasin-Ri I, II, III - divide by road and river. \* Nurupsil I, II - Nurupsil near the other side area

토양채취는 한약재의 종류와 산지를 확인하여 동일한 지역을 선정하고 그 경작지를 대표할 수 있는 면적 범위에서 적절한 간격으로 채취점을 정하여 5~15cm되는 깊이에서 scooper로 약 3kg씩 채취하여 polyethylene bag에 보관하여 운반하였다. 채취한 토양을 깨끗한 종이 위에 얇게 펼쳐서 약 1주간 풍건 시킨후 20mesh 체를 사용하여 풍건세토로 만들고 사분법에 의하여 약 100g을 취하여 분석용 토양시료로 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 한약재중 중금속 분석

한약재중 중금속 측정을 위한 분석방법이 명확하게 정립되어 있지 않아 미국 환경보호청( Environmental Protection Agency : EPA)의 시험 방법 중에서 한약재의 특성상 유기물이 많은 것을 고려하여 US EPA method 3050B를 선택하여 전처리 하였으며 그 방법을 Fig. 1에 나타내었다.

Mix sample ⇒ take 1-2g portion for each digestion
Add 2.5ml HNO <sub>3</sub> , HCL 10ml, ⇒ reflux for 15 minutes at 95°C
Add 5ml HNO <sub>3</sub> , reflux for 30 minutes ⇒ repeat until digestion is complete evaporate is 5ml ⇒ cool
Add 2ml water and 3ml 30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ⇒ Continue adding H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> with heating
Reduce volume to 5ml
Add concentrated HCL and reagent water ⇒ reflux
Cool ⇒ dilute with reagent water, ⇒ filter particulates in digestate
Analysis by ICP
Calculations

Fig. 1. Procedure of Method 3050B.

실험에 사용된 여과지는 Whatman GF/B를 사용하고 시약은 모두 특급시약을 사용하였다. 표준시약은 Junsei사에서 구입하여 미량피펫(micropipette)으로 희석하여 사용하였고 실험에 사용된 증류수는 RO system으로 여과한 증류수를 Barnstead사의 nanopure system을 통해 재여과 하여 사용하였다.

본 실험에서는 한약재의 중금속을 분석하기 위해 건조된 시료 1g정도 취하여 질산 2.5ml, 염산 10ml를 가한 후 시계접시를 덮고 95°C에서 15분간 가열한 후 식힌 다음 질산 5ml를 가해 30분간 가열한다. 질산화 반응을 통해 일부 분해되지 않은 시료를 배제하기 위해 1회 반복한 후 액량이 5ml 이하가 되도록 증발시켰다. 액량이 5ml이하가 되면 증류수 2ml와 30%과산화수소를 첨가하여 95°C에서 가열하였다. 잔여 유기물을 완전히 분해하기 위해 30%과산화수소를 넣고 가열, 냉각을 반복하여 거품이 최소가 될 때까지 실시하고 이때 가해진 과산화수소는 총 10ml를 넘지 않도록 하였다. 염산으로 최종분해를 하고 액량이 5ml이하가 되도록 증발시킨 후 GF/B로 여과하여 50ml 메스플라스크로 표정한 다음 카드뮴, 납, 비소, 크롬 등을 ICP Atomic Emission Spectrometer (ICP-IRIS, Thermo Jarrell Ash)로 측정하였으며, 측정시 기기의 작동조건은 Table 2와 같다.

Table 2. Operating Conditions of ICP Analysis

	Condition	Element	Wave length(nm)
Torch gas flow	High flow	Cd	228.802
Auxiliary gas flow	Medium (1.0 L/min)	Pb	220.353
Flush pump rate(rpm)	200	As	189.042
Relaxation(sec)	10		
Pump tubing type	EP-19	Cr	267.716

2) 재배토양시료의 분석

풍건한 분석용 토양시료를 105°C에서 완전히 건조한 후 10g을 250ml 삼각플라스크에 칭량하여 0.1N-HCl용액 50ml를 가하고 실온에서 1시간 왕복 진탕한 후 여과하여 그 여액을 시료용액으로 하였다.

토양시료의 토성을 조사하여 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Physico-Chemical Properties of the Soil

Cultivated Soli	Soil Structure	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
Cultivated Soil of Astragali Radix (Nurupsil I, Songsa, Gilan, Andong, Kyungbuk)	CL	24.65	24.33	51.02
Cultivated Soil of Bupleuri Radix (Nurupsil II, Songsa, Gilan, Andong, Kyungbuk)	SIC	26.06	30.30	43.64
Cultivated Soil of Paeoniae Radix (Togat, Wonlim, Namsun, Andong, Kyungbuk)	SIC	29.57	36.92	33.51
Cultivated Soil of Dioscoreae Rhizoma (Sasin I, Nokiun, Andong, Kyungbuk)	SCL	17.59	8.78	73.64
Cultivated Soil of Dioscoreae Rhizoma (Sasin II, Nokiun, Andong, Kyungbuk)	SCL	16.98	8.13	74.88
Cultivated Soil of Dioscoreae Rhizoma (Sasin III, Nokiun, Andong, Kyungbuk)	SCL	17.28	8.45	74.26

결과 및 고찰

1. 한약재 종류별 중금속 농도

경북 북부지역에서 생산된 시호, 자약, 산약 및 황기 4종을 분석하였으며 평균 농도는 Table 4와 같다. 수은은 0.03~0.04mg/kg, 카드뮴 0 mg/kg, 크롬 0.07~0.13mg/kg, 구리 0.09~1.59mg/kg, 니켈 0.04~0.30mg/kg, 철 1.23~24.12mg/kg, 망간 0.11~3.13mg/kg, 아연 1.95~6.83mg/kg, 납 0mg/kg, 비소 0mg/kg이 검출되었다.

Table 4. The Average Contents of Heavy Metal from Several Herbal Medicines(unit : mg/kg)

	Hg	Cd	Pb	Cr	Ni	As	Cu	Fe	Zn	Mn
Means	0.04	-	-	0.09	0.11	-	0.48	7.83	3.14	1.52
Standard Deviation	0.10	-	-	0.13	0.21	-	1.59	24.12	6.83	3.13

또한 한약재 종류별 중금속의 농도를 Table 5에 나타내었으며 표에서 보는 바와 같이 시호의 경우가 Mn이 3.13mg/kg을 비롯하여 전체적으로 다른 한약재의 중금속 농도에 비하여 높았다.

Table 5. Heavy Metal Contents in Kyungbuk Products (unit : mg/kg)

Herbal Medicines	Metal									
	Cr	Cu	Fe	Mg	Cd	Mn	As	Zn	Pb	Hg
Bupleuri Radix	0.13	0.37	24.12	76.82	-	3.13	-	2.64	-	0.04
Paeoniae Radix	0.07	0.11	2.43	34.29	-	0.71	-	1.97	-	0.04
Dioscoreae Rhizoma	0.07	0.09	1.23	31.10	-	0.81	-	2.29	-	0.04
Astragali Radix	0.11	0.32	1.85	65.56	-	1.10	-	1.95	-	0.03

시호의 경우 Fe가 가장 높은 수치를 나타냈으며, 24.12mg/kg으로 다른 한약재의 평균치 보다 훨씬 높은 값을 보이며, Mg도 76.82mg/kg으로 다른 한약재에 비하여 높았으며 Cr의 경우는 다른 한약재에 비해 다소 높게 검출되었다. 작약의 경우 전체 중금속에 있어서 다른 약재보다 다소 낮거나 평균치에 가까운 값을 나타냈으며 이는 재배지 토양중의 중금속 함량이 다른 경작지에 비해 낮은 수치를 보이는 것과 관계가 있는 듯하다. 또한 韓<sup>21)</sup>이 연구한 한국산 작약의 평균 중금속 함량과 비교해 보면 Zn이 22.805mg/kg, Mn 22.921mg/kg, Fe 10.577mg/kg, Cu 3.083mg/kg, As 0.531mg/kg, Cr 1.571mg/kg, Pb 1.416mg/kg 등으로 검출되었으나 경북 북부지역의 작약에서는 Zn이 1.97mg/kg, Mn 0.71mg/kg, Fe 2.43mg/kg, Cu 0.11mg/kg, Cr 0.07mg/kg이며 As와 Pb는 검출되지 않았다.

산약의 경우 역시 Mg와 Cr등 모든 금속류가 평균치 이하를 보이고 있으며 황기의 경우 Fe와 Zn이 각각 1.85mg/kg, 1.93mg/kg으로 다소 높았고 나머지 중금속류는 평균치 이하로 검출되었다. 그러나 이러한 수치도 韓<sup>21)</sup>이 경동 시장에서 구입한 한국산 10종의 한약재중의 중금속 함량을 분석한 결과에 의하면 황기의 경우 Fe가 117.593mg/kg, Zn이 23.658 mg/kg로 검출되었다고 보고하였으며 이 값은 경북 북부지역의 황기와 비교하면 경북 북부지역의 한약재의 중금속 량이 상당히 적음을 확인할 수 있었다. 이를 통하여 경북 북부지역이 다른 지역에 비하여 상당히 청정지역이라 추정 할 수 있으며 한약재의 안전성에 있어서 우수하다고 판단된다. 이는 경북 북부지역이 일부 한약재의 재배지로서는 매우 적당하다는 것을 뒷받침해 준다. Table 6에 작약과 황기의 경우를 비교하여 나타내었으며 Fig. 2와 Fig. 3에 도시하였다.

Table 6. Comparison of Heavy Metal Contents between Kyungbuk Products and Average of Korean in Several Herbal Medicines(unit : mg/kg)

Metal	Paeoniae Radix		Astragali Radix	
	Kyungbuk products	Korean* products	Kyungbuk products	Korean* products
Hg	0.04	<0.640	0.03	<0.640
Cd	-	0.987	-	<0.5
Pb	-	1.146	-	<0.251
Cr	0.07	<1.571	0.11	<1.571
As	-	0.531	-	0.287
Cu	0.11	3.083	0.32	9.906
Fe	2.43	10.577	10.85	117.593
Mn	0.71	22.921	1.10	20.046
Ni	-	4.881	-	5.287
Zn	1.97	8.224	1.95	14.694

\* Korean products : Han (1998)

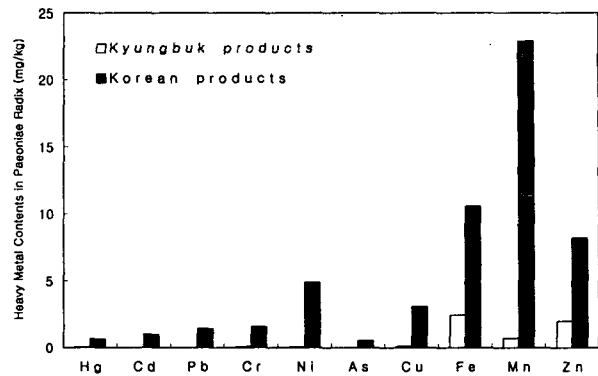


Fig. 2. Comparison of Heavy Metal Contents in Paeoniae Radix (Korean Products and Kyungbuk Products).

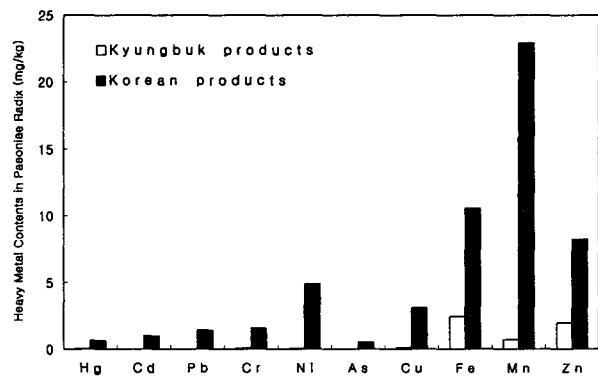


Fig. 3. Comparison of Heavy Metal Contents in Astragali Radix (Korean Products and Kyungbuk Products).

이상과 같이 살펴본 경북 북부지역에서 재배된 대표적인 4가지 약재 중에서 카드뮴과 납, 비소 등이 검출되지 않은 것은 상대적으로 경북북부지역이 몇몇 한약재 재배지로서는 매우 적절하다고 하겠다. 韓<sup>21)</sup>의 보고에 의하면 한국산 44종의 한약재의 중금속을 분석한 결과 수은은  $1.080 \pm 1.563 \text{ mg/kg}$ , 카드뮴은  $1.346 \pm 1.041 \text{ mg/kg}$ , 납은  $2.854 \pm 3.135 \text{ mg/kg}$ , 비소는  $3.452 \pm 1.041 \text{ mg/kg}$ , 크롬은  $2.182 \pm 6.906 \text{ mg/kg}$ , 니켈은  $6.853 \pm 4.967 \text{ mg/kg}$ , 구리는  $7.667 \pm 4.531 \text{ mg/kg}$ , 철은  $666.576 \pm 1798 \text{ mg/kg}$ , 망간은  $109.804 \pm 131.536 \text{ mg/kg}$ , 아연은  $36.046 \pm 28.961 \text{ mg/kg}$ 으로 검출되었다고 보고하였으며 경북북부지역의 수은은  $0.037 \text{ mg/kg}$ , 크롬  $0.093 \text{ mg/kg}$ , 니켈  $0.108 \text{ mg/kg}$ , 구리  $0.475$ , 철  $7.83 \text{ mg/kg}$ , 망간  $1.52 \text{ mg/kg}$ , 아연  $3.14 \text{ mg/kg}$ 는 상대적으로 매우 낮은 값으로 검출되었다. 다른 연구자의 보고를 살펴보면 1987년 차<sup>22)</sup>의 백작, 산약, 길경, 백지 및 형개의 수은, 카드뮴, 비소, 납의 농도가 0.05~5ppm이었으며, 王<sup>23)</sup>의 80개 한약재에 대해 원자 흡수 광학장치를 사용해 납, 카드뮴, 갈륨, 수은을 측정하였는데, 함유량이 각각 0.01~5.0, 0.01~0.6, <0.01ppm으로 나타났으며, 그 중 약 75%의 검사에서 카드뮴과 납의 함유량은 한계를 초과했다고 보고했다.

## 2. 재배토양의 중금속 함량

재배 토양중의 중금속 함량을 Table 8에 나타내었다. 재배지 토양과 중금속 함량을 살펴보면 중금속 종류에 따라 많은 차이가 납을 알 수 있다.

Table 8. Heavy Metal Contents in Soil ( unit : mg/kg )

Sites	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd	Al	As
Cultivated Soil of Astragali Radix (Nurupsil I, Songsa, Gilan, Andong, Kyungbuk)	0.67	11.87	60.22	1.25	2.36	6.92	0.07	528.86	0.07
Cultivated Soil of Bupleuri Radix (Nurupsil II, Songsa, Gilan, Andong, Kyungbuk)	0.67	12.63	35.75	1.05	2.38	15.23	0.02	584.13	0.68
Cultivated Soil of Paeoniae Radix (Togat, Wonlim, Namsun, Andong, Kyungbuk)	1.08	28.68	60.73	2.29	2.29	1.02	0.02	502.11	0.13
Cultivated Soil of Dioscoreae Rhizoma (Sasin I, Nokjun, Andong, Kyungbuk)	0.50	25.89	84.01	2.36	5.86	0.43	0.04	377.19	0.15
Cultivated Soil of Dioscoreae Rhizoma (Sasin II, Nokjun, Andong, Kyungbuk)	0.32	17.17	105.11	0.81	2.46	0.58	0.00	412.53	0.22
Cultivated Soil of Dioscoreae Rhizoma (Sasin III, Nokjun, Andong, Kyungbuk)	0.45	22.31	75.25	1.21	3.75	1.27	0.00	537.39	0.33

대표적인 중금속의 재배지에 따른 농도를 비교해 보면 Cadmium(Cd)의 경우 황기 재배지인 경북 안동시 길안면 송사리 느릅실에서는 다소 높게 나타났으나 전체적으로 우려할 수준이 아니며 小林<sup>24)</sup>은 토양의 조성에서 Cd 함량은 0.06(0.01~0.7)ppm을 나타낸다고 보고하였으며, 일본의 밭 및 초지의 Cd함량은 0.28~0.55ppm으로 보고되고 있다. 우리나라는 비오염지역의 토양중의 Cd 자연 함유량은 평균 0.144(0.02~1.09)ppm으로 보고된 바<sup>25)</sup> 있다. 따라서 황기 재배지인 경북 안동시 길안면 송사리 느릅실의 토양에서 Cd의 농도는 평균치이며 Fig. 4에 한약재 재배지 토양별 Cd의 농도를 도시하였다.

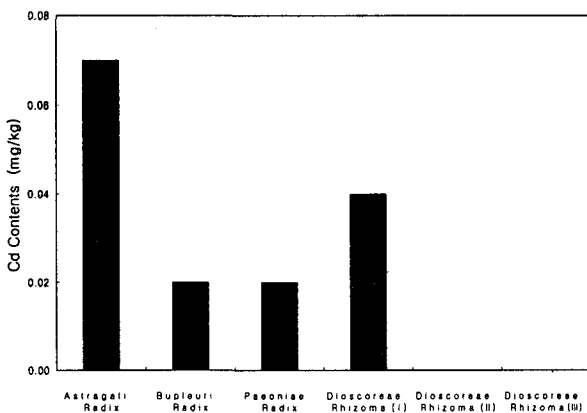


Fig. 4. Contents of Cadmium(Cd) in Soil.

Cu함량은 Fig. 5에서와 같이 경북 안동시 길안면 송사리 느릅실 마을의 황기 경작지에서는 1.25ppm으로 낮았고 같은 지역

의 시호 재배지에서는 1.05ppm이었고, 작약 경작지인 안동시 남선면 원림리 토갯마을 경작지에서는 2.29ppm이고 안동시 녹전면 사신리의 산약 재배지에서는 2.36ppm과 1.21ppm 또 다른 사신리 지역 재배지에서는 0.81ppm으로 가장 낮았다.

우리나라 환경 보전법 시행령 제 27조에 의하면 농수산물 재배를 제한 할 수 있는 Cu의 토양오염기준량이 125ppm이며 경북지역의 조사대상지역의 토양은 Cu에 의한 장해는 없는 것으로 판단된다.

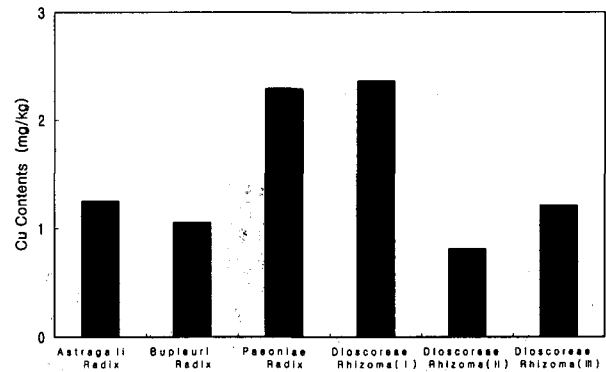


Fig. 5. Contents of Copper(Cu) in Soil.

Pb함량은 Fig. 6와 같으며, 그림에서 보는 바와 같이 시호 재배지인 안동시 길안면 송사리 느릅실의 토양에서 15.23ppm으로 가장 높았으며 다음이 황기 재배지인 유사지역인 길안면 송사리 느릅실의 다른 경작지 토양의 함량이 높았다.

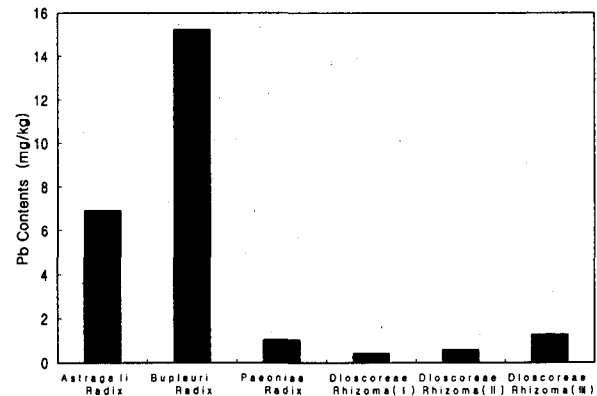


Fig. 6. Contents of Lead(Pb) in Soil.

기타 지역인 작약 재배지인 안동시 남선면 원림리 토갯마을에서 1.02ppm, 산약 재배지인 녹전면 사신리의 인접 세 지역에서 각각 0.43ppm, 0.58ppm, 1.27ppm이 검출되었다. 다른 지역에 비하여 안동시 길안면 송사리 느릅실 마을이 도로와 2km떨어진 산 속의 청정지역임에도 불구하고 Pb가 높게 검출된 것은 다른 오염원이 없는 것으로 조사되었으므로 이 지역의 토질의 특성상 Pb함량이 높은 것으로 사료된다.

우리나라의 비오염 토양의 Pb 자연함유량은 17.29(5.06~78.8)ppm이며 일본의 비오염 토양의 Pb 자연함유량은 24.43(6.

0~72.0)ppm으로 보고된바<sup>25)</sup> 있다. 또한 우리나라의 심하게 오염된 공업지역에서 최고 592.0ppm까지 검출된바<sup>26)</sup>있다. 미국의 뉴저지 주내 고속도로 주변의 토양에서 14~96ppm, 미네아폴리스 수도권내 도로에 인접한 토양에서 128~700ppm의 Pb가 검출되었다고 보고한 바<sup>27)</sup> 있다.

Zn 함량은 Fig. 7에 도시하였으며, 황기 재배지인 안동시 길안면 송사리 느릅실 토양에서 2.36ppm, 시호 재배지인 길안면 송사리 느릅실마을을 2.38ppm, 작약재배지 남선면 원림리 토갯마을 2.29ppm, 산약 재배지인 녹전면 사신리에서 각각 5.86ppm, 2.46ppm, 3.75ppm이 검출되었다.

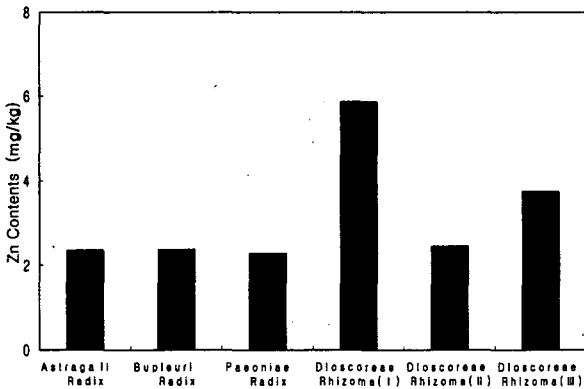


Fig. 7. Contents of Zinc(Zn) in Soil.

우리나라 및 일본의 비오염토양의 Zn 자연함유량은 각각 40.41(12.20~91.56)ppm, 98.55(30.0~228.0)ppm으로 보고된 바 있다. 또한 小林降<sup>24)</sup>은 토양 중에 50(10~300)ppm의 Zn이 함유되어 있다고 보고하였다. Zn은 Cu와 함께 동식물에 필수미량금속으로서 식물에서는 75ppm까지 생육저해가 없으나 100ppm에서 저해가 일어나기 시작하여 225ppm 이상에서 현저한 생육저해를 일으킨다고 한다. 그러나 Zn이 없을 때보다는 25ppm 정도 일 때 가장 생육이 좋다고 보고된 바 있다.

비소(As)는 Fig. 8에 도시하였으며 시호 재배지인 안동시 길안면 송사리의 토양에서 0.68ppm, 황기 재배지 토양에서 0.07ppm, 작약 재배지 토양에서 0.13ppm, 그리고 산약 재배지에서 각각 0.15ppm, 0.22ppm, 0.33ppm이 검출되었다.

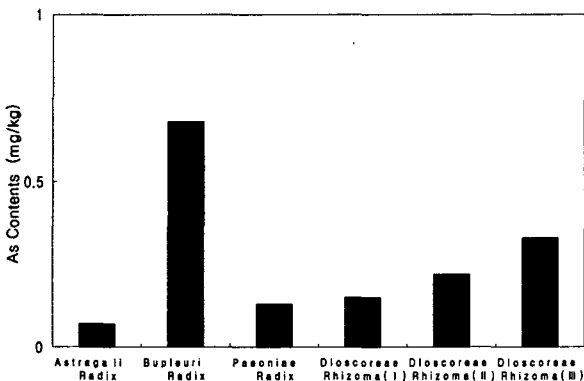


Fig. 8. Contents of Arsenic(As) in Soil.

### 3. 토양중 중금속 함량과 한약재의 중금속 함량

경북지역에서 재배된 황기, 시호, 작약 그리고 산약 등에서 중금속 함량과 재배 토양중의 중금속과의 상관 관계를 고찰하기 위하여 그 비교값을 Table 9에 나타내었다.

Table 9. Heavy Metal Contents in Herbal Medicines and Soil (unit : mg/kg)

	Site	Mn	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd	As
Soil	I	11.87	60.22	1.25	2.36	6.92	0.07	0.07
	II	12.63	35.75	1.05	2.38	15.23	0.02	0.68
	III	28.68	60.73	2.29	2.29	1.02	0.04	0.13
	IV	25.89	84.01	2.36	5.86	0.43	0.04	0.15
	V	17.17	105.01	0.81	2.46	0.58	-	0.22
	VI	22.31	75.25	1.21	3.75	1.27	-	0.31
Herbal Medicines	Astragalii Radix	1.10	10.85	0.32	1.95	1.24	-	-
	Bupleuri Radix	3.13	24.12	0.37	2.64	0.83	-	-
	Paeoniae Radix	0.71	2.43	0.11	1.97	0.31	-	-
	Dioscoreae Rhizoma I	0.81	1.23	0.19	2.29	-	-	-
	Dioscoreae Rhizoma II	0.69	1.58	0.21	1.95	-	-	-
	Dioscoreae Rhizoma III	0.85	1.02	0.13	3.26	-	-	-

I : Nurupsil I, Songsa, Gilan, Andong, Kyungbuk (Cultivated Soil of Astragalii Radix)  
 II : Nurupsil II, Songsa, Gilan, Andong, Kyungbuk (Cultivated Soil of Bupleuri Radix)  
 III : Togat, Wonlin, Namsun, Andong, Kyungbuk (Cultivated Soil of Paeoniae Radix)  
 IV : Sasin, Nokjun, Andong, Kyungbu (Cultivated Soil of Dioscoreae Rhizoma I)  
 V : Sasin, Nokjun, Andong, Kyungbu (Cultivated Soil of Dioscoreae Rhizoma II)  
 VI : Sasin, Nokjun, Andong, Kyungbu (Cultivated Soil of Dioscoreae Rhizoma III)

토양 중 망간(Mn) 함량이 11.87-28.68mg/kg으로 높은 것에 비해 전 재배지에서 한약재 중의 망간 함량은 0.71-3.13 mg/kg으로 낮게 나타났으며 철의 경우는 시호에서 24.12mg/kg으로 다른 한약재보다는 토양대비 철 함량이 다소 높게 나타났으며 황기 등과 비교해서 뚜렷한 일관성은 보이지 않았다.

구리의 경우 녹전면 사신리의 산약 재배지가 구리 함량이 상대적으로 높았으나 산약 자체에서는 미미하게 검출되었다. 아연의 경우도 산약 재배지의 토양에서 상대적으로 다소 높았으나 산약에서는 낮은 값을 나타내었다. 납의 경우 황기와 시호 재배지 토양에서는 다소 높았지만 1.24mg/kg, 0.83mg/kg으로 기타 산약과 작약 토양에서는 매우 낮은 값으로 나타났으며 산약에서는 납 성분이 검출되지 않았다. 황기와 시호 재배지인 안동시 길안면 송사리 느릅실 마을은 도로에서 2km이상 떨어진 깊은 산골짜기임에도 불구하고 큰 도로를 인접하고 있는 녹전면 사신리의 산약에서 보다 많은 납이 검출된 것은 토양의 특성상 토양자체에 납이 많이 함유되어있을 것으로 판단되어진다. 이러한 결과에 유의하여 더욱 심도있는 분석과 영향 등을 고찰하여 재배지로서의 적정성과 타당성을 검토하여야 할 것이다. 카드뮴과 비소는 토양에서는 극히 미소하게 함량되어 있으나 한약재에서는 검출되지 않았다. 이는 토양의 모든 성분과 양이 식물로 흡수되지 않음을 보여주고 있다.

### 4. 토양과 한약재간의 중금속 함량 관계

토양과 한약재 중의 망간 함량은 황기, 시호, 작약, 산약 I, II, III의 모든 재배지 토양의 망간 함량간의 상관 관계를 확인해 보려 하였지만 일정한 상관관계를 찾기는 어려웠다. 전체적으로

토양의 망간 함량이 한약재 함량보다는 높다는 경향을 확인 할 수 있었고, 산약 한 종류의 한약재에 대해서 재배지 토양의 망간 함량과 각각의 산약에 함유한 망간을 비교하여 보았다. 이 경우에는 직선  $y=0.015x+0.4571(R^2=0.6209)$ 의 상관관계를 보이며, 이것은 토양 중 망간의 함량이 높을수록 산약 중의 망간 함량도 높아지는 즉 정비례하여 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 토양의 오염정도가 직접 한약재에 전이되는 것을 보여준다.

토양 중 철의 함량과 여러 가지 한약재의 관계는 일정한 상관 관계를 찾기가 어렵지만 산약의 경우를 살펴보면 망간의 함량에서와 같이 철의 경우도  $y=0.0184x - 0.3408(R^2=0.9918)$ 의 상관관계를 나타내어 직선의 증가를 알 수 있다. 즉 토양중의 철의 함량과 산약중의 철의 함량이 정비례함을 알 수 있었다. 토양 중 구리의 함량과 여러 가지 한약재 중의 구리함량과의 관계는 일정한 경향을 보이지는 않지만 앞에서 살펴본 다른 금속들과 마찬가지로 토양에서의 함량이 높았으며 산약 한 가지만 살펴보면 토양중의 구리함량과 산약 중의 구리함량은 직선  $y=0.0015x+0.1744(R^2=0.0009)$ 의 상관관계를 보이고 있으며 토양 중의 함량으로 산약에서의 함량을 추정할 수 있다. 토양 중 아연의 함량과 한약재 중의 아연 함량을 비교해 보면 앞에서 살펴본 다른 중금속과 같은 경향을 보이고 있음을 알 수 있고, 마찬가지로 산약에서 보는 바와 같이 토양 중에 아연의 함량이 높으면 산약의 아연 함량도 높음을 알 수 있다. ( $y=0.0452x+2.3181, R^2=0.013$ )

그 외 납과 카드뮴 그리고 비소 등은 실험 결과 토양에서는 작은 값이지만 함량이 검출되었으나 한약재에서는 납이 황기, 시호, 작약등에서 다소 검출되고 나머지는 검출되지 않아 비교에 의한 상관관계를 검증해 보지 못하였다. 또한 앞으로 산약 외에 다른 한약재에 대해서도 많은 경작지와 다른 장소의 토양과 각각의 중금속 함량을 실험하여 그 결과를 검토할 필요가 있다.

## 결 론

경북 북부지역에서 재배되어 생산되는 한약재를 중심으로 약재의 안전성에 중요한 기준이 되는 함량에 대하여 몇 가지 약재 즉, 시호, 작약, 산약 및 황기를 시료로 하여 중금속 농도를 측정하였다. 그리고 다른 문헌에 보고된 전체 한국산 한약재의 평균 중금속 농도와 비교하였으며, 또한 경북 북부산지의 재배지 토양의 시료를 채취하여 토양중의 중금속 농도를 분석하여 이들 토양중의 중금속 함량과 그 토양에서 재배되어진 한약재 중의 중금속 함량을 비교하여 보았다. 이러한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

경북북부지역의 한약재중 중금속별 평균농도는 수은 0.037mg/kg, 크롬이 0.093mg/kg, 니켈이 0.108mg/kg, 구리가 0.475mg/kg, 아연 3.14mg/kg, 망간 1.52mg/kg, 철 7.83mg/kg 그리고 카드뮴, 납, 비소는 검출되지 않았다. 이 값들은 한국산 평균치와 비교하여 매우 낮은 값이었으며 이로 미루어 경북 북부지역이 다른 지역에 비하여 한약재의 재배지로 적절함을 판단 할 수 있었다. 경북 북부지역의 토양중의 중금속 농도를 확인해

본 결과 토양 중 Cd의 함량은 재배지 토양별 큰 차이가 없었으며 As의 경우 시호 재배지인 길안면 송사리 느릅실이 다소 높았다(0.68mg/kg). Pb의 경우 역시 길안면 송사리 느릅실이 상대적으로 다소 높았다(15.23mg/kg). 이 값들은 토양환경의 관리여하에 따라 한약재의 중금속 농도를 줄일 수 있음을 알 수 있었다. 재배 토양중의 중금속과 한약재간의 중금속을 실험한 결과 실험에 사용한 모든 약재들과 토양간의 중금속 상관관계는 명확하게 얻어지지 않았다. 그러나 산약 집산지에서 산약 재배 토양별 산약 중의 미량금속 농도를 비교한 바 몇 가지 미량금속(Fe, Mn, Cu, Zn)에 대해서는 뚜렷한 상관관계를 보여 이에 대한 정밀한 검토가 필요함을 알 수 있었다.

## 참고문헌

1. 보건복지부 고시 제 95-44호, 9. 20., 1995.
2. Ten, K. H., King, L. D. and Morris, H. D., complex reaction of Zinc with organic matter extracted form sewage sludge. Soil Sci, Soc. Am. Proc. 35, pp748-752, 1971.
3. Petruzzelli, G., Guid, G. and Lubrano, L., Organic matter as an influencing factor on copper and Cadmium adsorption by Soil. Water Air Soil Pollut. 9, pp263-269, 1978.
4. Rhee, S. J., Kim, S. O. and Choe, W. K. Effect of cadmium dose injection on peroxidative damage in rat liver(in Korean). J. Korean Soc. Food Sci, Nutr., 21, pp601-607, 1992.
5. Jung, S. Y., Rhee, S. J. and Yang, J. A. Effect of dietary vitamin E levels in lipid peroxidation and enzyme activities of anti oxidative system in brain of cadmium administered rats(in Korean). J. Korean Soc. Food Sci, Nutr. 25, pp575-580, 1996.
6. Rabinowits, M. B. and Weatherill, G. W. Lead metabolism in the normal human; stable isotope studies. Science, pp182, pp275, 1973.
7. Choi, S. I. lee, J. H. and Lee, S. R. Effect of green tea beverage of the removal of cadmium and lead by animal experiments (in Korean). Korean J. food Sci, Technol. 26, pp745-749, 1994.
8. Nordberg, M. General aspects of cadmium : transport, uptake and metabolism by the kidney. Environ. Health persp., 54, pp13-20, 1984.
9. Concon, J. M. Food Toxicology, Marcel Dekker, Chapter 18., 1988.
10. Oehme, F.W. Toxicity of Heavy metals in the Environment, Marcel Dekker, 1978.
11. 최진주, 태반내 중금속과 환경요인과의 연관성, 전남대학교 의학박사 학위 청구논문, 1993.
12. 이상숙, 도시와 농촌 약년자 혈액 가스 및 중금속 함량비교, 경북대학교 보건학 석사 학위 청구논문, 1985.

13. 송미란, 서울시내 대중식사중 중금속의 함량 및 총섭취량 평가, 이화여자대학교 식품영양학 석사학위 청구논문, 1986.
14. Kang, S.J., and H.S. Choi Effect of Road side soil and vegetation with Lead and Zinc by motor vehicles, Korea J. Bot. 15(3), 1972.
15. Kim. B.S., H.C. Yun, and Y.S. Ko, A study on the Lead content in the air of Seoul and in the soil and cabbage a long Kyung-In and Kyung-Bu Highways, J. Korean Resource Institute for better Living, 11, 1993.
16. Motto. H.L., R.H. Daines, D.M. Chilko and C.K. Motto, Lead in soil and plants, its relationship to traffic volume and proximity to Highways, Environ. Sci, and Teck. 4, 1970.
17. 주수만, 생약중의 중금속 함량에 관한 연구, 경희대학교 대학원 한의학과 석사학위논문, 1983.
18. 이승철, 정량분석 법에 의한 국내 · 외산 한약재위 무기질 성분 함량에 관한 연구, 경희대학교 대학원 한의학과 석사학위 논문, 1995.
19. 신준식, 중요 다용도 처방에 포함된 한약재중 보건복지부의 규격화 고시 품목 이외의 약재 품질평가에 관한 연구, 경희대학교 대학원 한의학과 석사학위논문. 1995.
20. 김남재, 심상범, 류재환, 김종우, 홍남두, 한약중 중금속함량 및 용출에 관한 연구. 경희의학 12(2):158-166, 1996.
21. 한상백, 다용한약재의 산지별 중금속 농도에 관한 연구, 상지대학교, 대학원 한의학과 학위논문, 1998.
22. 박춘혁, 수종한약재중의 중금속 및 잔류농약에 관한 연구, 경희대학 대학원 석사학위논문, 1987.
23. 왕보금, 고증영, 천연물의 오염, 중앙통보. 12(6):58-61, 1987.6.
24. 小林降, 土壤中 微量重金属의 天然賦存量 및 毒性 등에 관한 研究, 公害와 對策, 11(11):1300-1312, 1976.
25. 서윤주, 문화회, 김인기, 김성환, 토양중의 중금속 자연함유량에 관한 연구, 국립환경연구원, 1982.
26. 이민희, 김민영, 박상현, 서울시 일원의 경작지 오염도 조사, 서울연구보, 15, 143-152, 1979.
27. M. J. Singer, L. Hanson, Lead Accumulation in soils near highways in the twin cities Metropolitan area, Soil, Sci. Soc. Amer. Proc. 33, pp152-153, 1969.