

## 대구지역 가로수잎의 중금속

이 찬 형 · 윤 현 숙 · 박 연 준 · 권 종 대 · 노 기 철 · 장 성 환  
대구시 보건환경연구원  
(2002년 7월 9일 접수; 2002년 11월 12일 채택)

## Heavy Metals in Leaves of Roadside Trees in Daegu City

Chan-Hyung Lee, Hyun-Sook Youn, Yun-Jun Park, Jong-Dae Kwon,  
Ki-Cheul Roh and Seong-Hwan Jang

Public Health and Environment Institute of Daegu City, Daegu 706-732, Korea  
(Manuscript received 9 July, 2002; accepted 12 November, 2002)

This study was conducted to determine the contents of heavy metals in leaves of roadside trees according to different growth stages in Daegu city. The orders of heavy metal contents in leaves of roadside tree and soil were Fe>Mn>Zn>Pb>Cu>Cr>Cd and Fe>Mn>Zn>Cu>Pb>Cr>Cd, respectively. The contents of heavy metals in leaves of roadside trees and soil showed an increasing tendency as the levels of traffic volume increased. The contents of heavy metals in leaves on October were higher than those on May. *Zelkova serrata* and *Ginkgo biloba* showed high contents of Cr, Cd and Pb.

Key words : Roadside trees, Heavy metals, Daegu City

### 1. 서 론

인구의 증가와 공업화로 공장이나 자동차, 난방 등에서 배출되는 대기오염물질의 양은 증가하고 있다. 오염원에서 제거되지 못하고 대기에 배출된 오염물질을 인위적으로 제거시킬 수 있는 방법은 없으며 강우, 바람 또는 강, 바다, 생물 등에 흡수·흡착되는 것과 같은 자연적인 방법에 의존하여 대기중에서 제거된다. 대기중의 오염물질은 침강, 강우 등에 의하여 오랜 시간을 거쳐 토양에 축적되고 수목에도 여러 가지 경로에 의하여 영향을 미치고 있다. 수목은 광합성 과정에서 주변 대기를 흡수하는 기능이 있어 이를 이용하여 오염된 공기를 흡수 정화하는 방법이 모색되고 있다. 가로수가 대기오염물질을 흡수하여 대기정화기능에 효과를 가지는 것은 여러 연구<sup>1,2)</sup>들에 의해 입증된 바 있으며, 고<sup>3)</sup> 등은 환경정화수의 대기오염물질 정화량을 광합성능으로부터 환산한 결과 11~15년 된 은행나무가

하루에 흡수할 수 있는 대기오염물질의 양은 CO<sub>2</sub>는 882.7 g, SO<sub>2</sub> 0.97 g, NO<sub>2</sub> 0.80 g이고, 수령 6년~10년의 느티나무는 하루에 CO<sub>2</sub> 49.9 g, SO<sub>2</sub> 0.05 g, NO<sub>2</sub> 0.05 g을 흡수할 수 있는 것으로 보고하고 있다. Smith<sup>2)</sup>는 1 ha 면적의 활엽수림의 경우 1년에 SO<sub>2</sub> 360 kg, NO<sub>2</sub> 690 kg을 흡수하며, 침엽수림은 1 ha당 SO<sub>2</sub> 120 kg, NO<sub>2</sub> 240 kg을 흡수할 수 있는 것으로 보고하고 있다. 대기오염물질에 의한 가로수의 피해정도는 수종에 따라 달라지므로<sup>4)</sup> 가로수를 활용하여 대기오염의 정도를 판단하는 것도 가능하다고 사료된다. 대기오염물질중 중금속은 부유상태에서 사람과 동물에 흡입되어 건강상 장애를 일으키며, 식물의 기공과 토양에 흡착을 통하여 식물의 성장에 많은 장애를 주는 것으로 알려져 있다. 대기 중금속 중 납의 가로수잎 축적은 대기과 토양으로부터 이루어지며 대기로부터는 중력침강, 충돌, 강우 등에 의하여 축적되며, 분진의 중력침강이 가장 중요한 것으로 알려져 있다.<sup>5)</sup> 토양으로부터 납의 흡수는 납의 존재형태가 난용성이나 불용성이면 식물에 흡수되기 어렵고 용해성 납만이 흡수된다. 흡수된 납 중 소량만이 잎으로 전류되므로 나뭇잎 중의 납은 대부분 대기에서 유래된 것으로

Corresponding Author : Chan-Hyung Lee, Public Health and Environment Institute of Daegu City, Daegu 706-732, Korea  
Phone : +82-53-760-1264  
E-mail : chlee@daegumail.net

알려져 있다.<sup>6,7)</sup> 본 연구는 대구시내 널리 분포된 가로수 4종을 대상으로 지역별, 가로수잎의 생육별로 토양 및 가로수 잎 중의 중금속 농도분포를 조사하여 가로수 수종에 따른 중금속의 흡수양상을 구명하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시료채취

시료는 활엽수인 양버즘나무(*Platanus occidentalis*), 느티나무(*Zelkova serrata*)와 침엽수인 은행나무(*Ginkgo biloba*), 소나무(*Pinus densiflora*)의 잎과 인근 토양이며, 시료채취는 잎의 성장정도에 따라 세 단계로 구분하여 초엽기(2001년 5월), 중엽기(2001년 8월), 말엽기(2001년 10월)에 실시하였다. 채취지점은 녹지지역인 앞산공원(S1), 주거지역인 상동(S2), 차량통행량이 많은 신천대로(S3), 공업지역이며 차량통행량이 많은 노원동(S4)이다.

### 2.2. 분석방법

가로수의 시료채취는 지상에서 높이 2.5~3.0 m에 있는 성숙한 잎을 200~400 g 채취하였으며, 채취된 잎의 표면에 묻어있는 이물질을 흐르는 물로 깨끗이 씻고 다시 증류수로 씻은 후 85~90°C의 통풍건조기에서 약 1시간 가열한 다음 70°C에서 완전 건조시켰다. 이들을 100 mesh이하로 마쇄하여 분석에 사용하였다. 분석은 질산과 염산을 이용한 초음파 추출법으로 전처리하여 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectroscopy, Model SpectraAA220, Varian Inc, USA)로 분석하였다.

토양채취는 채취한 가로수의 아래 표층 토양을

500 g 취하여, 5~10일간 자연 건조시켰다. 건조된 토양은 35 mesh 표준체로 거른후 10 g을 취해 0.1 N 염산으로 습식 분해하고 여과한 후 여액을 원자흡광광도계로 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

토양 중의 중금속농도는 철을 제외하고는 채취시기별로 큰 변동을 나타내지는 않았다(Fig.1). 지역별로는 녹지지역과 주거지역에서 낮았으며 신천대로와 공업지역인 노원동 토양의 중금속 함량이 높게 나타나 강<sup>8)</sup>등이 1988년 대구지역에서 조사한 결과와 일치한다. 중금속 성분별로는 Fe>Mn>Zn>Cu>Pb>Cr>Cd 순으로 나타났다. 가로수 잎 속의 중금속농도 조사결과는 Fig. 2, Fig. 3에 나타난바와 같다. 가로수잎내의 농도는 납이외의 다른 중금속항목에서도 시료채취시기에 따라 증가하였지만 토양 중 농도는 큰 증가폭을 보이지 않으므로 가로수잎내의 중금속함량은 토양보다는 대기에서 흡수되는 비율이 상대적으로 높았음을 시사해준다. 대구지역별 가로수잎내 총 중금속농도는 공업지역>신천대로>녹지지역>주거지역 순으로 나타나 대기 중의 중금속 농도와 차량통행량에 따라 가로수잎 중의 중금속농도가 결정되는 것으로 사료된다. 녹지지역인 앞산공원은 3차 순환도로구간으로 차량통행량이 많아 주거지역보다 농도가 증가한 것으로 보이며, 공업지역인 노원동지점은 많은 차량통행량에 기인한 중금속과 공단내 지역이므로 공장에서 배출되는 중금속이 동시에 영향을 미치므로 신천대로 보다 높게 나타난 것으로 사료된다. 토양중금속 분포도 가로수잎에서와 같은 경향을 보여줌으로써 토양내 중금속 함유량도 차량통행량에 의해 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 2000년 청주시<sup>9)</sup>와 1992년 수원시<sup>10)</sup>의 가로수조사에서도 자동차 통행량과 가로수잎중의 중금속함유량은 높은 상관관계를 나타내었다. 1985년 서울시의 가로수를 조사대상으로 한 고<sup>5)</sup>등의 연구에서도 교통량이 많은 지역의 분진 중 납농도는 교통량이 적은 지역보다 높았으며, 대기 부유분진 중 납농도에 의해 가로수잎 중의 납농도가 영향을 받는 것으로 나타남으로써 이러한 점을 뒷받침한다. 차량의 배기가스에는 많은 중금속이 포함되어 있는데 그 중 카드뮴과 구리는 자동차 부품의 합금 등에 사용되며 도로 주행시 마찰이나 마모에 의해 배출된다. 카드뮴은 자동차 윤활유나 타이어 중에도 약 20~90 µg/g 함유되어 있다.<sup>11)</sup> 가로수잎에 높은 함량을 나타내는 중금속으로는 녹지 지역에서 망간, 철, 아연이 많이 검출되었으며, 주거 지역에서는 철, 아연, 망간순이었다.

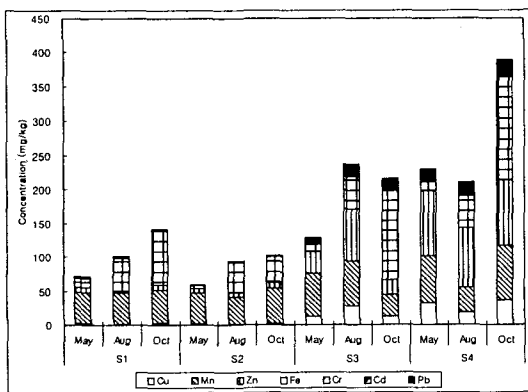


Fig. 1. Concentrations of heavy metals in roadside soil.

- S1: Green area;
- S2: Residential area;
- S3: Heavy traffic area;
- S4: Heavy traffic and industrial area

대구지역 가로수잎의 중금속

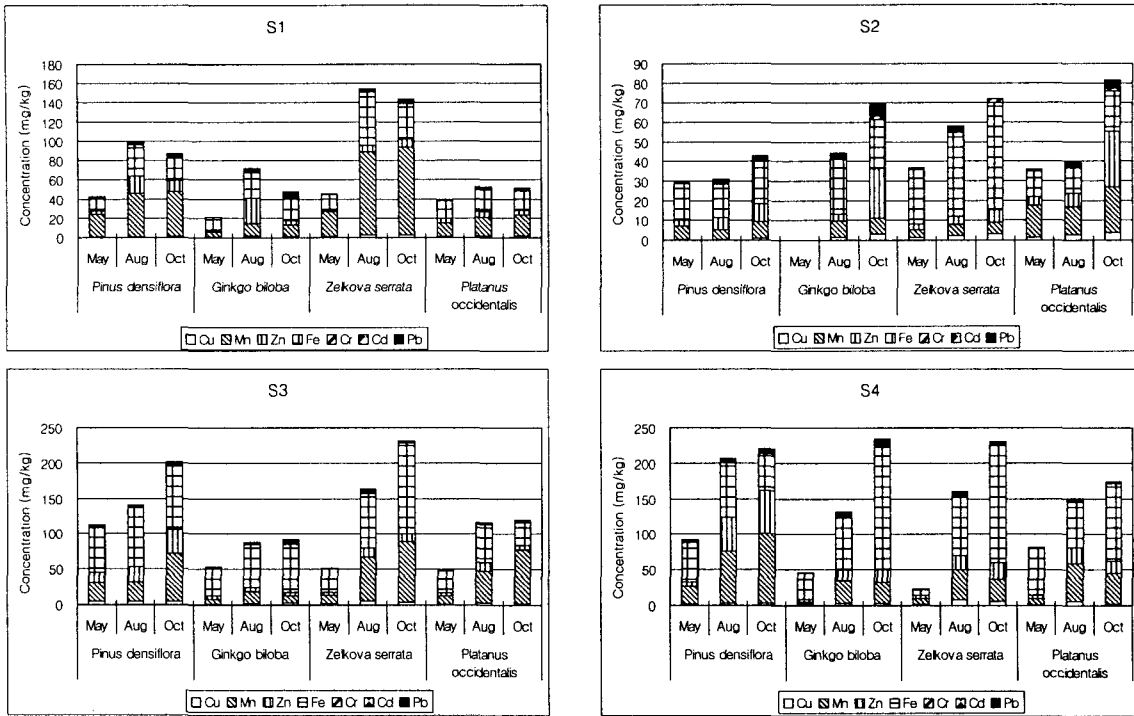


Fig. 2. Concentrations of heavy metals in leaves of roadside trees according to sampling sites. S1: Green area; S2: Residential area; S3: Heavy traffic area; S4: Heavy traffic and industrial area

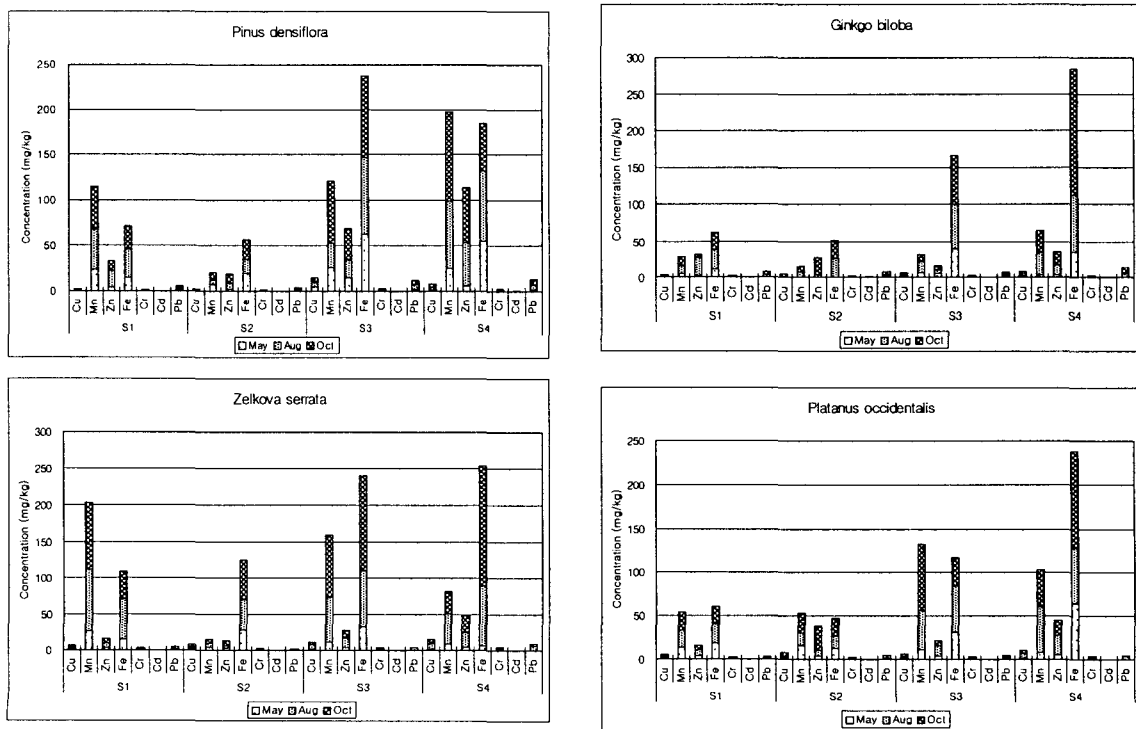


Fig. 3. Concentrations of heavy metals in leaves of roadside trees according to tree species. S1: Green area; S2: Residential area; S3: Heavy traffic area; S4: Heavy traffic and industrial area

차량통행이 많은 신천대로 지점에서는 철, 망간, 아연순이었고, 공업지역은 철, 망간, 아연순이었다. 이들 세 중금속은 토양에서 분포농도가 높으며 식물에 필수적인 미량원소이므로 가로수잎내에 다른 중금속에 비해 많이 존재하는 것으로 여겨진다. 중금속 최고농도는 모두 공업지역에서 조사되었는데 망간, 아연은 소나무에서, 철, 카드뮴, 납은 은행나무에서, 구리, 크롬은 느티나무에서 가장 높았다. 전반적으로 가로수잎내의 중금속 농도는 철>망간>아연>납>구리>크롬>카드뮴 순으로 나타났다. 서울시의 1985년, 1986년 조사<sup>12)</sup>에서는 철>망간>아연>납>구리>카드뮴>크롬 순으로 나타났는데 본 조사에서는 농도가 가장 낮은 카드뮴과 크롬의 순위가 달랐다. 2000년 청주시<sup>9)</sup>의 경우는 철>망간>아연>구리>납>카드뮴의 순으로 나타나 구리와 납의 순위가 달라졌다. 2000년 청주시의 경우 은행나무에서 구리와 납의 농도차이는 크지 않았지만, 본 분석에서는 은행나무가 4개 지점에서 구리보다 납의 농도가 2배 이상 차이가 나타났다. 도시별로 은행나무의 중금속종류에 따른 흡수정도가 크게 차이는 점은 도시별로 대기오염 성분이 다름을 시사하고 있다. 생육기별 중금속함량을 조사한 결과 초엽기보다 말엽기로 갈수록 함량이 높아져 중금속 축적이 생육기간중 지속적으로 이루어지고 있었다. 초엽기 대비 말엽기에서의 중금속 농도비는 소나무의 경우 약 3.2배, 은행나무는 2.7배, 느티나무가 4.0배, 양버즘나무가 2.4배로 나타나 느티나무의 중금속 축적량이 가장 높고 양버즘나무의 축적량이 비교적 낮게 나타났다(Table 1). 소나무는 낙엽이 발생하지 않는 상록수이므로 연중 중금속의 축적이 가능하다. 말엽기때의 중금속 농도를 보면 가로수 수중에 따라 지역별, 중금속별로 중금속의 축적정도가 다르다는 것을 알 수 있었다. 구리는 느티나무에서, 망간, 아연은 소나무에서, 철, 크롬, 카드뮴, 납은 은행나무에서 최고농도를 나타내었다. 28개 지점 중 소나무가 5개 지점에서 최고의 중금속 축적량을 나타내었으며, 은행나무는 8개 지점, 느티나무는 12개 지점, 양버즘나무는 3개 지점에서 최고의 중금속 축적량을 나타냈다. 소나무는 S1, S3, S4 지점에서 아연의 최고 축적량을 나타냄으로 아연에 선택적인 흡수능을 나타낸다. 은행나무와 느티나무는 크롬, 카드뮴, 납에서의 최고 축적량을 나타내며, 특히 은행나무는 납의 경우 조사된 모든 지역에서 최고 축적량을 나타내었다. 양버즘나무는 구리, 망간, 아연의 경우 S2지점에서 최고 축적량을 나타내어 주거지역에 선택적이었다. 식물의 미량필수 원소로 생육에 많이 요구되는 구리, 망간, 아연,

철의 최고 축적량은 4종 모두에서 나타났으나, 상대적으로 미량이고 인체에 영향이 큰 크롬, 카드뮴, 납은 느티나무와 은행나무 2종에서 최고의 축적량을 나타내었다. 수목의 대기정화능력은 잎의 대기오염물질의 흡수능력이 클수록, 엽량이 많을수록 크다. 수종별 대기정화능력은 일반적으로 상록수보다는 낙엽수가 크나, 엽량은 보통 상록수가 낙엽수보다 크다. 대기오염에 대한 수목의 저항성은 일반적으로 낙엽수보다 상록수가 강하고 침엽수는 활엽

Table 1. Concentrations of heavy metals in leaves of roadside trees on October and Oct/May, 2001 (unit : mg/kg)

Heavy metal	Site	Pinus densiflora		Ginkgo biloba		Zelkova serrata		Platanus occidentalis	
		Oct	Oct/May	Oct	Oct/May	Oct	Oct/May	Oct	Oct/May
Cu	Site 1	1.33	2.5	1.40	1.5	2.66	2.4	2.09	1.5
	Site 2	1.04	2.0	3.09	-	3.35	2.1	4.14	2.7
	Site 3	4.99	1.1	2.87	1.9	4.14	2.1	2.07	1.6
	Site 4	3.31	2.1	3.29	2.1	6.26	3.4	2.47	1.7
Mn	Site 1	46.19	2.0	12.15	2.6	91.53	3.6	21.31	1.5
	Site 2	8.52	1.2	8.17	-	5.76	1.5	23.02	1.4
	Site 3	67.29	2.6	9.84	1.5	85.48	7.2	75.76	6.6
	Site 4	98.13	3.9	29.65	7.6	30.53	3.5	42.46	5.3
Zn	Site 1	12.01	3.2	3.76	1.4	7.59	2.7	5.59	1.3
	Site 2	8.93	3.4	25.35	-	6.48	2.3	28.26	6.9
	Site 3	33.81	2.4	5.69	1.0	10.73	2.8	6.38	1.6
	Site 4	59.74	9.8	17.68	4.7	23.45	4.8	17.32	3.1
Fe	Site 1	24.94	1.8	23.45	1.9	37.54	2.5	19.26	1.0
	Site 2	21.62	1.1	24.80	-	54.56	2.0	20.62	1.6
	Site 3	90.39	1.4	66.75	1.7	129.02	3.9	32.50	1.0
	Site 4	72.99	1.3	172.06	4.8	164.55	24.2	108.99	1.7
Cr	Site 1	1.03	4.0	1.72	3.0	1.62	2.7	1.17	1.9
	Site 2	1.02	2.9	1.69	-	1.64	2.2	1.22	1.4
	Site 3	1.42	1.1	1.72	2.5	1.81	2.1	1.37	1.7
	Site 4	1.43	1.1	2.39	2.5	2.44	2.5	1.88	2.0
Cd	Site 1	0.06	-	0.16	-	0.26	-	0.15	-
	Site 2	0.10	-	0.23	-	0.24	-	0.18	-
	Site 3	0.05	-	0.20	-	0.24	-	0.17	-
	Site 4	0.16	-	0.29	-	0.24	-	0.23	-
Pb	Site 1	2.00	3.3	5.00	-	3.10	-	1.70	-
	Site 2	1.90	19.0	6.70	-	0.00	-	4.10	-
	Site 3	3.80	1.5	5.10	-	0.30	-	2.30	-
	Site 4	5.30	2.5	9.10	-	3.10	-	1.50	-

\*. - means of the concentrations of heavy metals on May was 0.00 mg/kg

S 1: Green area;

S 2: Residential area;

S 3: Heavy traffic area;

S 4: Heavy traffic and industrial area

수에 비해 약하다. 대구시내의 가로수 수종현황을 보면 2002년 1월 기준으로 143,546그루로 양버즘나무가 26.4 %, 은행나무 24.2 %, 느티나무가 17.9 %로 은행나무와 느티나무의 비율이 전체 수목이 42% 이상을 차지하고 있다. 가로수는 환경정화수의 기능이외에 도시미관 향상도 고려해야 함으로 가로수를 선정할때는 대상지역의 대기오염상황에 따라 두가지의 경우로 나누는 방안이 적당하다고 판단된다. 주택가 등 대기오염농도 수준이 비교적 낮은 지역은 대기오염에 의해 식물의 생육이 저해되는 경우가 적다고 생각되므로 느티나무, 벚나무, 단풍나무 등 대기오염에 대해 저항성이 약한 낙엽수를 심더라도 건전하게 생육이 가능하다고 판단된다. 이 수종들은 생육을 통해 시민들에게 계절의 변화를 느끼게 하며, 도시경관을 밝게 하는 효과가 있다. 공장이나 간선도로 등 대기오염농도 수준이 높은 지역의 경우는 대기정화 능력외에 대기오염에 대한 저항성을 중시하여 저항성이 강한 상록수를 중심으로 선택하는 것이 적당하다고 판단된다.<sup>13)</sup> 가로수의 엽량이 계절적으로 변동함으로 잎의 착생기간이 짧고 동절기에 떨어져 버리는 낙엽수보다 연관을 통해 엽량이 비교적 안정된 상록수가 대기오염농도수준이 높은 지역의 대기정화에 적합하다고 사료된다.

#### 4. 결 론

가로수의 대기정화능을 조사하기 위하여 대구시에 분포되어 있는 가로수 4종을 선정하여 녹지지역, 주거지역, 공업지역 그리고 차량통행이 많은 지역으로 나누어 수목의 생육기에 따른 가로수잎과 토양중 중금속 농도를 조사한 결과 다음의 결과를 얻었다.

- 1) 가로수잎에서의 중금속농도는 철>망간>아연>납>구리>크롬>카드뮴 순으로 나타났으며, 토양에서는 철>망간>아연>구리>납>크롬>카드뮴 순으로 나타났다.
- 2) 가로수의 수종별 중금속 함유량은 대부분의 지점에서 말엽기로 갈수록 증가하였으나 토양중 중금속 농도는 시기별로 큰 차이가 없는 것으로 나타나, 가로수잎 중의 중금속은 토양보다는 대기로부터 유래됨을 시사한다.
- 3) 가로수 수종에 따라 지역별, 중금속별 중금속의 축적량이 다르게 나타났으며, 구리, 망간, 아연, 철의 최고 축적량은 4종의 수종에 나타났지만 크롬, 카드뮴, 납은 느티나무와 은행나무에서 최고 축적량을 나타내었다.

- 4) 가로수는 대상지역의 대기오염상황에 따라 주택가 등 대기오염농도수준이 비교적 낮은 지역과 공장이나 간선도로 등 대기오염농도 수준이 높은 지역으로 나누어 수종을 선택하는 것이 적당하다고 판단된다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 김재봉, 한상욱, 배정오, 고강석, 김정규, 황경섭, 최만석, 김동호, 1987, 생물의 환경오염물질 정화능에 관한 연구(I), 국립환경연구원보, 9, 219-229.
- 2) Smith, W. H., 1990, Air Pollution and Forest (2nd ed.), Springer-Verlag, New York, 618pp.
- 3) 고강석, 강인구, 이우식, 이준배, 서민환, 신정섭, 최덕일, 배정오, 이돈구, 1993, 환경개선을 위한 정화생물 개발에 관한 연구 -대기질 개선을 위한 정화수 개발- (II), 국립환경연구원보, 15, 25-39.
- 4) 박완철, 1991, 대기오염지역 적응 수종 선발에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 7(1), 55-65.
- 5) 고현규, 김희강, 현용범, 1986, 대기부유분진중 Pb와 가로수잎중 Pb와의 상관성에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 2(3), 11-18.
- 6) Robert, L. Z., 1976, Entry and movement in vegetation of lead derived from air and soil sources, JAPCA, 36(7), 655-660.
- 7) Smith, W. H., 1976, Lead contamination of the road ecosystem, JAPCA, 26(8), 753-766.
- 8) 강희양, 차상은, 하청근, 1988, 도로변 지표생물을 이용한 대기오염이 식물에 미치는 영향에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 14(2), 29-41.
- 9) 신현식, 2002, 대기중 중금속과 가로수의 상관성에 관한 조사연구, 2002년 대기 배출원 조사 공동연구 사업 Workshop, 103-124.
- 10) 박기학, 1992, 교통량 과밀 도로주변의 토양과 가로수, 대기중 Pb, Cu, Zn 중금속농도와 그 상관성에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 18(2), 19-25.
- 11) 김병우, 1987, 환경에 미치는 Lead 및 Cadmium의 영향에 관한 연구, 상지대논문집, 8, 285-301.
- 12) 김면섭, 이광국, 1988, 서울시내 가로수목의 수용성유황 및 중금속함량에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 4(1), 1-12.
- 13) 한상욱, 진희성, 김은식, 1994, 대기 정화 식수지침, 도서출판 풍남, 325pp.