

교통량 과밀 도로주변의 토양과 가로수, 대기중 Pb, Cu, Zn 중금속 농도와 그 상관성에 관한 연구

박 기 학

동남보건전문대학 환경관리과

Pb, Cu, Zn Contaminants and Their Correlation of Soil, Leave and Bark of Ginkgo.B and Ambient Air Adjacent to a Heavy Traffic Road Side

Gi Hark Park

Dongnam Health Junior College, Environmental Science

ABSTRACT

The study was carried out to investigate the correlation between the heavy metals emitted by the motor vehicles with the heavy traffic road side environment (soil, leave, bark, ambient air). The Pb, Cu, Zn contents in road side soil sand leaves, barks from Ginkgo, biloba and ambient air adjacent to the heavy traffic road side from June to August, 1992 Suwon city were analyzed by Atomic absorption spectrometry and Inductively coupled plasma emission spectrophotometry. The results were as follows :

- 1) The high levels of heavy metals concentration were Pb, at city-terminal in soil (186 $\mu\text{g/g}$), Cu, at city-terminal in soil (221 $\mu\text{g/g}$), Zn, at city-terminal in ambient air (252 $\mu\text{g/m}^3$).
- 2) The low leves of heavy metals concentration were Pb, at North-gate in ambient air (1.65 $\mu\text{g/m}^3$), Cu, at North-gate in ambient air (4 $\mu\text{g/m}^3$), Zn, at North-gate in ambient air (15.31 $\mu\text{g/m}^3$).
- 3) The regional distribution of Pb, Cu, Zn in road side soils, leaves and barks from Ginkgo, biloba, ambient air show high levels in turn, city-terminal, Guan Sean Dong, South gate, North gate.
- 4) The concentration of heavy metals (Pb, Cu, Zn) in soils, leaves, barks, ambient air was highly correlated with the traffic volume of the sampling sites ($r=0.64\sim 0.96$).

To conclude that the high levels of Pb, Cu, Zn contaminations were positively related to motor vehicles-borne pollutants and road side soils, trees, ambient air adjacent to a high density building area with low road coverage and heavy traffic volume were reflected strongly by the hazardous pollutants emitted by motor vehicles.

Keywords : heavy traffic, soil, ambient air, motor vehicle-borne, hazardous pollutants.

I. 서 론

최근 우리나라는 고도산업사회로 전환되는 과정에서 발생하는 환경오염으로 인한 자연 생태계의 파괴가 심각한 국면으로 치닫고 있다.

특히 우리나라에 있어서 대기오염의 주요원인 중의 하나인 자동차 배출물질에 대한 대기오염 문제는 자동차 보유대수가 87년 1백 6십만대에서 91년 현재

4백 3십만대로 증가한 것을 살펴보다도 그 심각성을 짐작할 수 있을 것이다.^{1,2)}

자동차에서 배출되는 유해물질에 대한 심각성은 우리나라 도시의 대부분이 도로변에 밀집된 고층건물과 낮은 도로율 그리고 과중한 교통량으로 인한 교통체증 현상이 자주 발생함으로써 자동차에서 배출되는 유해물질들이 대기 중으로 희석 또는 확산되지 못한 채 주변 자연환경에 직접, 간접으로 피

해를 주고 있기 때문이다.^{2, 4)}

주목할 것은 자동차에서 대기 중으로 배출되는 유해물질들 중 특히 몇몇 중금속들은 부유상태에서 사람과 동물에 흡기되어 건강장해를 일으키며, 식물의 기공이나 토양의 흡착을 통하여 식물의 성장에도 많은 장해를 주는 것으로 알려져 있다.^{3, 5)} 특히 이들 자동차에서 발생하는 유해 중금속 중 자동차의 Antiknocking제로 사용되고 있는 납(Pb)은 호흡기관 및 중추신경계의 장해를 일으키는 것으로 조사된 바 있으며^{3, 6)}, 자동차의 타이어 및 부품의 합금 등에 필수적으로 사용되는 구리(Cu), 아연(Zn)은 도로 주행시 마찰 또는 마멸 등으로 인하여 도로 주변으로 배출되어 환경을 오염시키는 것으로 연구보고된 바 있다.^{11, 22)}

이에 본 연구는 대도시 중 비교적 도로보급율이 낮고, 교통량이 많으며, 건물의 밀집도가 높은 한 도시를 선정하여 자동차에서 발생하는 중금속 물질들이 도로주변의 식생환경 중 특히 가로수종으로 비교적 점유율이 높은 은행나무(*Ginkgo biloba*)의 잎, 표피 그리고 토양 및 대기에 미치는 오염도에 대한 상관성을 조사 분석함으로써 자동차에 의한 대기오염물질의 관리방안 및 저감책에 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구대상 및 실험방법

1. 연구기간 및 대상

본 연구는 1992년 6~8월 중 비에 의한 오염물질의 희석을 고려하여 조사기간을 설정하였으며, 조사대상지역인 경기도 수원시 일부지역 중 사전조사에 의하여 비교적 많은 교통량과 건물의 밀집도와 교통량에 의한 자동차 배출 유해물질의 주변 오염정도가 높을 것으로 예상되는 남문(South-gate), 북문(North-gate), 역전(City-terminal), 권선동(Guan Sean Dong)의 4개 지역을 선정, 자동차에서 배출되는 유해중금속(lead(이하 Pb), copper(이하 Cu), zinc(이하 Zn))에 의한 주변환경 오염정도를 조사하기 위해 도시가로수종 중 비교적 점유율이 높은 은행나무와 토양, 그리고 대기 중의 중금속 농도를 조사하고 각 항목간의 상관성을 조사하기 위하여 지역별로 6개 지점, 총 24지점을 택하여 오염도를 조사하였고 이에 대한 평균값으로서 농도를 대신하였다.

2. 시료채취 및 실험방법

(1) 가로수목의 시료채취 및 실험방법

식생환경에 대한 자동차 배출 유해중금속의 피해 정도를 조사하기 위하여 도로주변에 식재된 1~2년생 은행나무를 택하여 지상에서 1.5~2 m 부근의 잎과 표피를 각각 4 g 이상 채취하여 栽培植物分析測定法¹⁰⁾이 제시한 방법에 의하여 전처리한 후 Automatic Absorption Spectrophotometry(이하 A.A.S., Varian, AA-30, U.S.A.)와 Inductively Coupled Plasma(이하 I.C.P., LABTAM 8440, Austria)를 사용하여 중금속의 농도(Pb, Cu, Zn)를 구하였다.

(2) 토양의 시료채취 및 실험방법

토양시료채취는 가로수목 채취지점과 동일한 지점의 토양 중 0~15 cm의 표토층을 골고루 섞어 250 g 정도를 비에 의한 오염물질의 희석을 줄이기 위하여 5일 이상의 건조한 기상조건을 만족하는 시기를 택하여 실시하였으며 주로 교통신호 부근이나 커브형 도로 주변을 택하였으며, 土壤化學分析法¹¹⁾과 Ho¹³⁾가 제안한 전처리방법을 거친 후 A.A.S.와 I.C.P.를 사용하여 중금속의 농도 및 pH를 구하였다.^{8, 9)}

(3) 대기 중 중금속의 농도

대기 중 중금속의 오염도 파악은 위의 것과 동일한 지점, 기간 동안에 High volume air sampler (Kimoto, Model 1-120, Japan)을 사용하여 실시하였으며^{1, 5, 7, 10)}, 환경공정시험법에 의한 (질산-염산) 전처리 방법을 거친 후 A.A.S., I.C.P.를 사용, 중금속의 농도를 구하였다.

이상 모든 자료의 분석은 SPSS를 사용하여 Correlation coefficient(r)로서 비교 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사대상지역 건물의 밀집도, 교통량 및 도로 형태

수원시의 도로보급율과 차량등록대수는 1992년 7월 현재 15.8%와 87,826대였으며, 조사대상지역으로 선정된 북문, 남문, 역전, 권선동의 교통량(대/hr)은 역전>권선동>남문>북문 순이었고, 특히 산업도로와 시외곽도로를 연결하는 역전의 교통량의 경우 타 지역에 비해 소형차는 20배, 대형과 중형과의 경우도 3~5배 가량 높은 것으로 조사되었다.

건물의 밀집도와 도로형태의 경우 4개 지역이 모두 왕복 2차선으로서 2~5개의 교차로와 건물의 높은 밀집현상을 나타내고 있었다(Table 1, 2).

2. 대기 중 Pb, Cu, Zn의 농도

대기부유분진 중에 함유되어 있는 중금속에 대한 농도와 이에 따른 오염정도에 대해서는 이미 많은

Table 1. The status of road-form, building density vehicle-volume vicinity a sampling site

Site	Status	Road-form	Building-density (using form)	Vehicle-volume/traffic flow
South-gate	2 run/way		High-density	Heavy-traffic
	2 intersection		(commercial)	(low-flow)
North-gate	2 run/way		High-density	Heavy-traffic
	4 intersection		(commercial and residential)	(low-flow)
City-terminal	2 run/way		High-density	Heavy-traffic
	5 intersection		(commercial)	(low-flow))
Guan Sean Dong	2 run/way		High-density	Heavy-traffic
	4 intersection		(commercial and residential)	(low-flow)

Table 2. Vehicle mass for vehicle-mode

Vehicle-mode	North-gate	South-gate	City-terminal	Guan Sean Dong
Vehicle-mass (No. of vehl/hr)				
L	176	306	1,526	431
M	317	671	1,446	966
S	1,222	1,398	27,909	1,651
Total	1,715	2,375	30,880	3,048

L : Large-volume cargo, M : Middle-volume cargo (below of 4.5 t), S : Passenger car (below of 2.5 t)

연구에서 밝힌 바 있지만 특히 자동차에서 발생하는 중금속 성분 중 Antiknocking제로 사용되고 있는 납(Pb)과 자동차의 tyre 및 부품의 합금 등에 사용되는 구리(Cu), 아연(Zn)은 도로주행시 도로의 노후상태와 자동차의 수명정도와의 관련이 크며 이들이 도로주변으로 배출됨으로써 주변환경에 대한 피해가 큰 것으로 보고되고 있다.^{1,2,4-8)}

조사대상 지역인 북문, 남문, 역전, 권선동의 대기 중 Pb, Cu, Zn의 농도는 김 등이 조사한 결과(Pb, 0.17~43.6, Cu, 18.7, Zn, 364.3 ppm)와 임 등이 호흡성 분진 중에서 검출한 농도(Pb, 0.17~0.23, Cu, 0.12~0.13, Zn, 0.35~0.36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 보다 높은 것으로 조사되었으며 지역별 평균농도는 역전, 권선동, 남문, 북문 순으로 높게 나타났다.

특히 Pb의 경우 최고치와 최소치가 각각 2.52, 1.65로서 모두 대기환경 규제기준(0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)을 초과하는 것으로 나타나 이에 대한 대책이 시급한 것으로 나타났다(Fig. 1, Table 3).

3. 은행나무의 잎, 표피 중 Pb, Cu, Zn의 농도

가로수목 중 플라타너스(Platanus occidentalis) 다음으로 점유율이 높은 은행나무(Ginkgo biloba)는 대기오염에 대한 내연성이 높아 도시의 미화 뿐만 아니라 대기 중 오염물질에 대한 정화력이 높은 것으로 보고된 바 있다.^{1,4-6)}

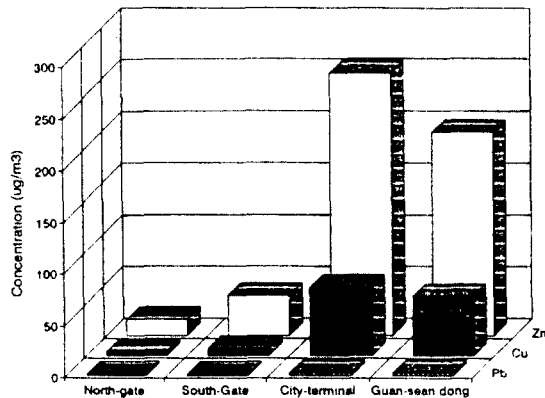


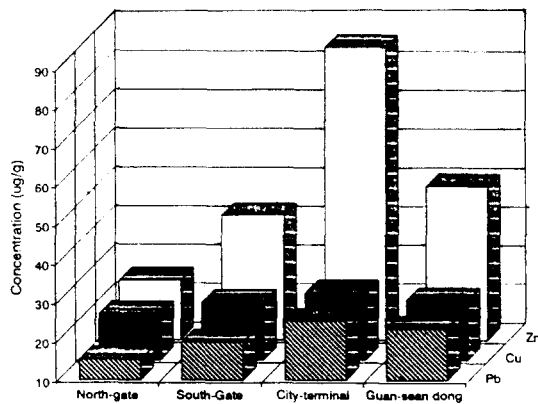
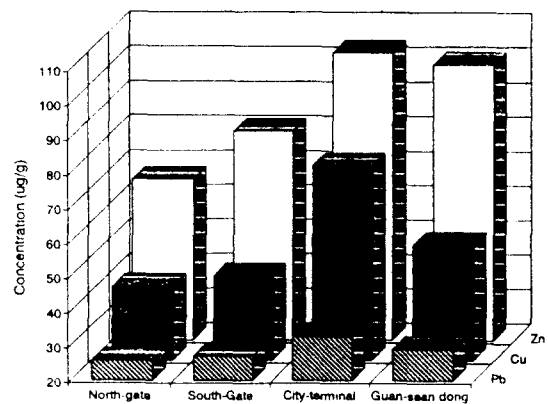
Fig. 1. Pb, Cu, Zn concentration in Ambient air.

특히 권 등⁹⁾에 의하면 식물 잎의 기공으로부터 흡수된 유해물질들은 식물의 생육에 불가결한 광합성작용을 방해할 뿐만 아니라 효소작용과 각종 대사의 저해, 체내성분의 분해, 결합 등에 크게 관여함으로써 직접적인 성장을 방해하는 것으로 알려져 있다.

김 등⁹⁾이 서울지역 은행잎 중 중금속함량 조사에 따르면 Pb의 경우 도로주변의 은행잎 중 농도가 55.5 ± 31.3 ppm, Cu는 15.43 ± 7.11 ppm, Zn는 59.9 ± 26.9 ppm으로 나타났으며, 박¹⁰⁾이 수원지역 일부 도로변 은행잎 중 Pb함량을 조사한 결과 20.86 ± 2.12 ppm

Table 3. Pb, Cu, Zn concentrations of soil, leave and bark of Ginkgo.B and ambient air adjacent to heavy traffic roadside

Sampling sources	Heavy metal	North-gate	South-gate	City-terminal	Guan Sean Dong
Ambient-air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb	1.65 ± 0.73	1.66 ± 0.54	2.52 ± 0.63	2.31 ± 0.61
	Cu	4.00 ± 0.17	6.76 ± 2.31	65.65 ± 12.43	56.70 ± 15.71
	Zn	15.31 ± 4.21	38.11 ± 8.32	252.76 ± 46.79	196.56 ± 35.23
Leave ($\mu\text{g}/\text{g}$)	Pb	15.21 ± 10.21	19.76 ± 11.43	25.22 ± 9.56	23.22 ± 21.43
	Cu	21.89 ± 7.11	24.86 ± 6.43	27.39 ± 6.11	25.43 ± 5.42
	Zn	25.31 ± 4.31	42.11 ± 9.32	85.27 ± 18.21	49.65 ± 11.73
Bark ($\mu\text{g}/\text{g}$)	Pb	25.72 ± 10.31	26.89 ± 2.33	32.65 ± 5.78	28.98 ± 13.27
	Cu	41.31 ± 11.85	44.29 ± 5.91	76.40 ± 19.37	53.57 ± 15.23
	Zn	66.51 ± 39.23	80.53 ± 11.21	103.226 ± 43.22	99.83 ± 38.42
Soil ($\mu\text{g}/\text{g}$)	Pb	131.12 ± 43.22	149.31 ± 62.83	186.21 ± 71.22	175.61 ± 55.43
	Cu	81.30 ± 19.38	154.23 ± 77.41	221.11 ± 82.17	196.13 ± 43.22
	Zn	90.42 ± 33.21	98.41 ± 40.72	132.81 ± 71.22	97.80 ± 43.77
pH in soil		7.67 ± 1.01	7.86 ± 1.11	8.08 ± 0.78	8.08 ± 1.02

**Fig. 2.** Pb, Cu, Zn concentration in Leave.**Fig. 3.** Pb, Cu, Zn concentration in Bark.

으로 나타나 오염의 심각성을 보여주었다. 또한 외국의 경우 Lagerwerff & Specht²⁶⁾과 Smith²⁷⁾의 조사결과에서도 Pb의 경우 각각 $32 \sim 85 \mu\text{g}/\text{g}$, $20 \mu\text{g}/\text{g}$ 으로 보고된 바 있다.

본 조사결과 조사기간 중 지역별 은행나무의 잎과 표피에 함유되어 있는 Pb, Cu, Zn의 농도를 조사한 결과 지역별 Pb, Cu, Zn의 최고농도가 25.22 ± 9.56 ($\mu\text{g}/\text{g}$), (City-terminal in leaves), 32.65 ± 5.75 ($\mu\text{g}/\text{g}$) (City-terminal in barks), Cu의 경우 27.39 ± 6.11 ($\mu\text{g}/\text{g}$) (City-terminal in leaves), 76.40 ± 19.37 ($\mu\text{g}/\text{g}$) (City-terminal in barks), Zn의 경우 85.27 ± 18.21 ($\mu\text{g}/\text{g}$) (City-terminal in leaves), 103.23 ± 43.22 ($\mu\text{g}/\text{g}$) (City-terminal in barks)으로 나타났으며, 지역별 은행나무의 잎과 표피 중 Pb, Cu, Zn의 평균농도는

대체적으로 역진>권선동>남문>북문 순으로 높게 조사되었다(Fig. 2, 3, Table 3).

4. 토양 중 Pb, Cu, Zn의 농도

토양 중의 중금속 함량은 오염원 뿐만 아니라 토양자체의 성질에 의해 영향을 받는 것으로 보고된 바 있다.^{21, 27)}

특히 토양은 자연환경에 있어서 모든 유해물질들 가장 많이 받아들이는 곳이며, 일단 토양에 들어온 오염원들 가운데 유기물이나 무기염류들은 기후, 광선, 미생물 등 여러 요인에 의해 서서히 분해, 흡착, 용해 흡수되어 감소되는 반면에 중금속류들은 제거되지 않은채 토양의 한부분으로 축적되어 토양에서 일어나는 모든 반응 뿐만 아니라 생태계의 어떤

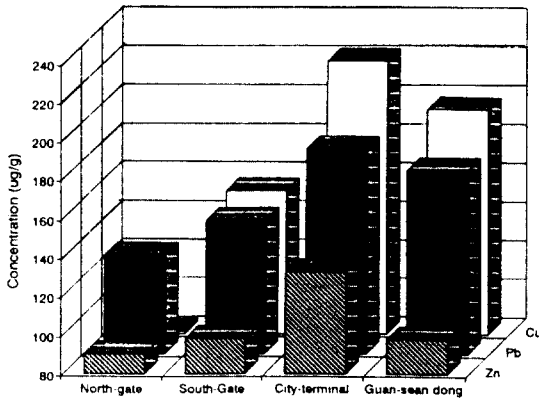


Fig. 4. Pb, Cu, Zn concentration in Soil.

형태로든 영향을 끼치게 된다.⁸⁾ 특히 날로 심각해지고 있는 자동차기인성(motor vehicles-borne) 대기오염으로 인해 도로주변의 토양은 자동차에서 발생되고 있는 유해 중금속들로 인해 피해가 날로 가중되고 있다.^{1,8)}

토양의 중금속 함량은 오염원 뿐만 아니라 토양 자체의 성질에 영향을 많이 받는다고 한다.^{21, 24)} 토양의 성질을 알기 위해 pH를 조사한 결과 조사지역이 대체로 약알칼리성(7.67~8.08)으로 나타났는데 이는 보도블럭에 함유된 시멘트 등의 알칼리성 물질이 용해, 침투되었을 가능성이 높은 것으로 사료된다.⁵⁾ 토양 중 Pb, Cu, Zn의 함유량 조사결과 Table 3과 같이 131.12~186.21, 81.30~221.11, 90.42~132.81 µg/g였으며 Davis²⁴⁾가 발표한 지구표층 토양 중 Pb, Cu, Zn의 함유율인 17.29, 15.71, 40.41 µg/g 보다 높은 것으로 나타나 외부 오염원에 의해 오염되었을 가능성을 뒷받침해 주고 있다.^{26, 28)} 특히 전지역에서 가로수목의 잎, 표피 및 토양 중의 Pb, Cu, Zn의 농도가 토양>표피>잎 순으로 나타나 토양이 대기오염물질의 영향을 가장 많이 받는 것으로 조사되었다.

이는 국토환경연구원(NEPI, Korea, 1982)이 발표한 수준인 Pb, 5~78, Cu, 2~47, Zn, 12~91 µg/g

보다 높은 것으로 나타났으며, 또한 Harrison 등(Cu, 120 µg/g), Garcia-Miragaya 등(Zn, 84~1455 µg/g), HO(Pb, 991~2215, Cu, 8~285, Zn, 84~1455 µg/g) 등이 조사한 결과와 마찬가지로 외부 오염원에 의한 영향이 큰 것으로 사료되었다(Fig. 4, Table 3).

5. 상관성 분석

조사 중금속인 Pb, Cu, Zn을 중심으로 대기 중 중금속의 농도와 교통량(차종) : 일중합량 : 표피중합량 : 토양중합량의 상관성을 조사하기 위해 상관계수(r)을 구한 결과, 교통량(차종)에 따른 Pb의 상관계수는 M(middle-volume cargo, below of 4.5 t)의 경우 r=0.926으로 제일 높게 나타났으며, 잎과 표피, 토양간의 상관성은 토양>표피>잎 순으로 나타났다. 교통량(차종)에 따른 Cu의 상관계수는 교통량(차종)이 M(middle-volume cargo, below of 4.5 t)인 경우 r=0.909으로 제일 높게 나타났으며, 잎과 표피, 토양간의 상관성은 토양>표피>잎 순으로 나타났다.

교통량(차종)에 따른 Zn의 상관계수는 M(middle-volume cargo, below of 4.5 t)인 경우 r=0.945으로 제일 높게 나타났으며 잎과 표피, 토양간의 상관성은 표피>잎>토양 순으로 나타났다.

또한 잎 중 Pb, Cu, Zn의 함유량에 대한 토양과 표피간의 기인 연관성을 조사한 결과 Lagerweff *et al.*²⁶⁾, Smith²⁷⁾이 조사한 결과와 같이 토양이 표피 보다 잎에 영향을 많이 미치는 것으로 조사되었다 (Table 4, 5).

IV. 결 론

대기오염물질 중에는 종류도 많으며, 이들 물질이 단독 혹은 복합적으로 주변환경에 작용하여 피해가 발생된다. 특히 우리나라의 경우 대기오염의 주요 원인의 하나인 자동차 배출 유해물질들에 의한 대기오염이 도시의 중앙밀집현상과 낮은 도로율, 과중한 교통량에 의한 체증현상으로 배출원의 농도를 가중시키고 있어 인간을 비롯한 주변 식생환경에

Table 4. Correlation coefficient values (r) between Pb, Cu, Zn concentration in ambient air with leave, bark and soil

	Vehicle mode	Leave	Bark	Soil
Pb	Ambient air with vehicle-mode, M : r=0.926	r = 0.644	r = 0.947	r = 0.958
Cu	Ambient air with vehicle-mode, M : r=0.909	r = 0.823	r = 0.869	r = 0.887
Zn	Ambient air with vehicle-mode, M : r=0.945	r = 0.888	r = 0.961	r = 0.783

M: middle volume cargo (below of 4.5 t).

Table 5. Correlation coefficient values (r) between Pb, Cu, Zn concentration in leave with bark, soil

	Bark	Soil
Pb in leave	r=0.917	r=0.990
Cu in leave	r=0.868	r=0.978
Zn in leave	r=0.862	r=0.971

커다란 피해를 주고 있다.

이에 자동차 배출 유해물질이 인간에게 미치는 영향을 조사하기 위한 과정으로서 도로 주변 식생환경의 오염정도를 파악, 개략적인 추정을 통한 도로주변 식생환경과 자동차 배출 오염물질에 의한 대기오염간의 상관성을 조사하기 위하여 1992. 6.~1992. 8월 동안 경기도 수원시의 북문, 남문, 역전, 권선동의 4개 지역을 중심으로 교통량과 가로수목, 토양 및 대기 중 Pb, Cu, Zn의 농도 및 그 상관성을 조사, 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 대기중 Pb, Cu, Zn농도는 역전>권선동>남문>북문 순으로 나타나 교통량의 차이와 같은 순서를 나타냈다.

2. 은행나무 잎, 표피 중 Pb, Cu, Zn의 함유량은 표피가 잎보다 대체적으로 높은 것으로 나타났으며, 지역별 교통량 및 대기중의 오염도의 차이와 같은 추세로 조사되었다.

3. 대기 중 Pb, Cu, Zn 농도에 관한 교통량, 잎, 표피, 토양 중의 상관성을 조사한 결과 대기 중 Pb, Cu, Zn의 농도에 가장 크게 영향을 미치는 차량(종)은 M(middle-volume cargo, below 4.5t)으로 나타났으며 Pb, Cu, Zn에 대한 오염상관성의 경우 전지역이 공히 soil>bark>leave 순으로 높게 조사되었다.

4. 은행나무의 잎 중 Pb, Cu, Zn의 함유량에 토양과 표피의 Pb, Cu, Zn 함유량이 미치는 영향에 관한 상관성을 조사한 결과 Pb, Cu, Zn 모두 토양>표피로 조사되어 토양이 잎의 Pb, Cu, Zn 함유량에 미치는 영향이 큰 것으로 조사되었다.

참고문헌

- 박기학 외, 일부 수원 시내 가로수목의 수용성 유황 및 납 함량에 관한 연구. 동남보건전문대학 논문집. 제 7집, 293-296 (1990).
- 정 용, 자동차 배출물질과 건강장해. 대기보전학회 세미나집. 한국대기보전학회. 14-53 (1991).
- 유승성, 대기 중 금속성분이 토양에 미치는 영향.

건국대학교 대학원 (1991).

- 강희양 외, 도로변 지표생물을 이용한 대기오염의 식물에 미치는 영향에 관한 연구. 한국환경위생학회. 14(2), 29-41 (1988).
- 김민영 외, 서울지역 은행잎 중 중금속 함량에 관한 연구. 서울시보건환경연구원보. 23,353-362 (1987).
- 김지선 외, 서울 일부지역의 도로변 대기 중 분진 및 납농도에 대한 조사 연구. 한국환경위생학회. 18(1), 12-21 (1992).
- 임영욱, 정 용, 호흡성분진 중의 중금속 오염도에 관한 조사연구. 한국대기보전학회지. 5(1), 68-78 (1989).
- 권숙표, 정 용, 환경과학. 형설출판사, 1985.
- 김면섭 외, 서울시내 가로수목의 수용성 유황 및 중금속 함량에 관한 연구. 한국대기보전학회. 4-1 (1988).
- 作物分析法委員會編, 栽培植物分析測定法, 養賢堂, 1983.
- 農業技術研究所, 土壤化學分析法. 農村振興廳, 1988.
- Methods of Air Sampling and Analysis, 3ed, Lewis Publishers, Inc., 1988, U.S.A.
- Ho, Y. B. and Tai, K. M., Elevated levels of lead and other Metals in roadside soil and their use to monitor aerial metal depositions in Hong Kong. *Environ. pollut.* 49, 37-51 (1988).
- Miller, M. P. and Mcfee, W. W., Distribution of cadmium, zinc, copper and lead in soils of industrial northwestern Indiana. *J. Environ. Qual.* 12, 29-33 (1983).
- Pierre, M. Godin, Max H. Feinberry and Christian. J. Ducauze, Modelling of soil contamination by air-borne lead and cadmium around several emission sources. *Environ Pollut.* 10, 97-114 (1985).
- Duggan, M. J. and Williams, S., Lead-in-dust in city streeets. *Sci. Total Environ.* 7, 91-97 (1977).
- Fergusson, J. E., Hayes, R. W., Tan, S. Y. and Sim, T. H., Heavy metal pollution by traffic in christchurch. New Zealand :Lead and cadmium content of dust and plants samples. *N. Z. J. Sci.* 23, 293-310 (1980).
- Harrison, R. M., Laxen, D. P. H. and Wilson, S. J., Chemical associations of lead, cadmium, copper and zinc in street dusts and roadside soils. *Environ. Sci. Technol.* 15, 1378-1383 (1983).
- Hopke, P. K., Lamb, R. E. and Natusch, D. F. S., Multi-elemental characterization of urban roadway dust. *Environ. Sci. Technol.* 14, 164-172 (1980).

- 20) Garcia-Miragaya, J., Gastro, S. and Paolin, J., Lead and zinc levels and chemical fractionation in roadside soils of caracas. *Venezuela. Water. Air. Soil Pollut.* **15**, 285-287 (1981).
- 21) Thompson, M. and Wood, S. J., Atomic absorption methods in applied geochemistry. In. J. E. P., 261-284 (1982).
- 22) David, S. Byrd, Jerry. T. Gitmore and Raymond H. Lea, Effect of Decreased Use of Lead in Gasoline on Soil of a Highway. *Environ. Sci. Technol.* **17**(2) (1983).
- 23) Wheeler, G. L. and Rolfe, G. L., The relationship between daily traffic volume and the distribution of lead in roadside soil and vegetation. *Environ. Pollut.* **18**, 265-274 (1979).
- 24) Mortvedt, J. J., Plant uptake of heavy metals in Zinc Fertilizers made from industrial by products. *J. Environ. Qual.* **14**(3) (1985).
- 25) Yassoglov, N., Kosma, C., Asimakopolous, J. and Kallianou, C., Heavy metal contamination of roadside soils in the Greater Athens Area. *Environ. Pollut.* **47**, 293-304 (1987).
- 26) Biggins, P. D. E. and Harrison, R. M., Chemical specification of leaf compounds in street dusts. *Environ. Sci. Technol.* **14**, 336-339 (1980).
- 27) Davis, B., Soil and plant analysis for heavy metals and quality of our environment. *European spectroscopy. News.* **56**, 19-23 (1984).
- 28) Harrison, R. M., Laxen, D. P. H. and Wilson, S. J., Chemical associations of lead, cadmium, copper, and zinc in street dusts and roadside soils. *Environ. Sci. Technol.* **15**, 1378-1383 (1981).
- 29) Lagerweff, J. V. and Specht, A. W., Contamination of roadside soil and vegetation with cadmium, nickel, lead and zinc. *Environ. Sci. Technol.* **4**, 583-586 (1970).
- 30) Smith, W. H., Lead contamination of the roadside ecosystem. *J. Air Pollut. Control. Assoc.* **26**, 753-766 (1976).
- 31) Muskett, C. J., A survey of airborne heavy metals in a city environment using biological Indicators. *Environ. Hlth.* **84**, 267-269 (1976).

(Received September 5, 1992)