

道路邊 指標生物을 利用한 大氣汚染이 植物에
미치는 影響에 관한 研究

姜 會 洋 · 車 相 殷 · 河 清 根

계명대학교 자연과학대학 공중보건학과

A Study on the Effect of Air Pollutants in Daegu Area by
Biological Indicator of Roadside

Hoe Yang Kang · Sang Eun Cha · Cheong Gun Ha*

*Dept. of Environmental Science & Technology
Andong Nurse & Health Junior College**

Abstract

This study was performed to investigate the air pollution levels in Daegu area through measuring of contents of water, chlorophyll, water soluble sulfur and lead metal in the leaves of roadside trees and chemical properties of soil under the urban trees.

The results can be summarized as follows;

1. The range of water content was from 60.4% to 74.6%. The comparisons of chlorophyll, water soluble sulfur and water content were regression equation, $\text{chlorophyll} = -0.1981 + 0.0040 \text{ water content (July)}$, $\text{water soluble sulfur} = 3.139 - 0.0416 \text{ water content (July)}$. and correlation coefficient, $r = 0.561$ and $r = -0.549$ respectively
2. Average contents of chlorophyll, water soluble sulfur and lead metal in the leaves of roadside tree at sampling sites were; chlorophyll 0.050, 0.072mg/cm², water soluble sulfur 0.244, 0.333%, and lead metal 12.25, 12.68ppm in Oct. and Jul. respectively.
3. Correlation between chlorophyll and contents of water soluble sulfur and lead metal in the leaves of roadside tree at sampling sites were; water soluble sulfur $r = -0.564$, -0.613 and lead metal $r = -0.693$, -0.699 in October and July, respectively.
4. Correlation between chlorophyll and water content, water soluble sulfur and lead metal in the leaves of tree showed positive significance.

I. 緒 論

最近 陸上環境에 있어서 生物指標(biotic indicator)으로써 植物指標가 많이 사용되고 있고 이들 지표에 관계하는 樹木의 枝葉의 枯死, 異常落葉 등의 쇠퇴가 많이 나타나고 있으며그의 원인으로 大氣汚染이 직·간접으로 크게 영향을 미치리 라고 생각된다.

大氣汚染物質中에는 種類도 많고 이들 物質이 단독 혹은 복합적으로 作用하여 被害가 發生되지만 그 중에서도 硫酸化合物이 가장 중요한 物質로 생각된다. 특히 道路邊의 樹木은 자동차 배기 gas에 영향을 많이 받고 있으며 주요 오염물질은 CO, HC, NOx, Oxidant, SO_x 및 부유분진 등으로 이들 중 CO, HC, NO_x가 자동차의 큰 배출원으로 취급되고 있으며, SO₂의 경우는 정유공장의 탈황시설의 미비로 꽤 많이 배출되고 있다.¹⁾ 또한 燃燒의 octane 價를 향상시키기 위한 添加劑로써 tetra ethyl lead 혹은 tetra methyl lead 등의 alcohol-鉛을 사용 함으로써 汚染物質의 하나인 重金屬으로 배기 gas에 미세한 無機鉛化合物의 입자로 방출되는데 이 중에서 약 50%는 道路에서 100m 이내의 地域에 떨어지게 되고 그 나머지는 생물권에 널리 흩어져 중금속의 중요한 성질의 하나인 生物學的 濃縮現象을 일으킨다.²⁾ 더우기 우리나라의 都市形態는 都心の 密集現象과 낮은 도로율로 인하여 적은 차량 대수에도 불구하고 때에 따라 심한 滯症現象으로 인한 배출원의 농도를 더욱 가중시키고 있다.

植物의 葉의 氣孔으로 부터 吸收된 有毒gas는 植物의 生育에 不可缺한 光合成作用을 阻害하고 酵素作用의 覺亂, 各種代謝의 阻害, 體內成分의 分解, 結合 등을 일으키고 細胞나 組織을 侵害한다.

SO₂의 경우는 植物의 有機酸分解로 生成되

는 aldehyde 등과 反應하여 同化作用을 旺盛하게 영위하는 生長葉의 葉맥간에 煙斑(斑點 (spot)狀의 chlorosis 혹은 necrosis)을 발생시키기 쉽다. 이 被害物質의 發生 機轉에 對하여서는 Wilicenus와 米丸에 의한 α -hydroxy sulfonic acid說이 有名하다.³⁾

植物의 大氣汚染物質인 SO₂ gas에 의한 일차적 반응은 直接 測定可能한 植物葉中 硫黃含量으로서 植物이 흡수, 捕捉吸着할 수 있는 物質의 量을 檢出하는 基本的 實證이 될 수 있다고 指摘하였다.⁴⁾ Umbach 등⁵⁾은 Caribbean, Scots 및 Virginia pine의 SO₂ 폭로에 의한 잎의 necrosis를 관찰하였고, Chevone 등⁶⁾은 acid sulfate aerosol과 acid aerosol 및 ozone에 의한 植物의 잎 겉면 손상과 chlorophyll의 變化를 報告하였고, Linn 등⁷⁾은 sulfuric acid aerosol과 폭로시의 호흡기 장애 정도를 指摘하였으며, Stock 등⁸⁾은 air pollutants 폭로시에 Asthmatics에 대한 지역사회 주민의 health effect의 상관관계를 조사하였고, 우리나라에서는 김등^{3,9-14)}에 의한 SO₂ gas 등 대기오염물질이 식물에 미치는 영향에 대하여 보고하였고 김등²⁾, 김등^{15,16)}은 중금속과 식물생육에 미치는 영향 등에 관한 報告을 한바 있다.

本 研究에서는 大邱地域을 中心으로 樹木葉의 피해, 重金屬의 含量 및 大氣汚染에 의한 汚染蓄積程度와 상호관계를 보고한 연구는 아직 미흡하므로 大邱市内 道路邊의 樹木을 對象으로 비즘나무(Platanus orientalis), 능수버들(Salix pseudo-lasiogyne), 은행나무(Ginkgo biloba)葉等の 硫黃含量의 蓄積程度와 chlorophyll의 含量 및 葉中 重金屬의 含量과 道路邊 土壤中の 重金屬의 含量을 측정 분석하여 大氣汚染에 의한 汚染蓄積程度를 관찰한 결과 몇가지 知見을 얻었기에 報告하는 바이다.

II. 調査對象 및 實驗方法

1. 調査期間 및 對象

調査期間은 1987년 10월 부터 1988년 7월 까지이며 조사대상 지점은 大邱中心地로 부터 半徑 4km 주변내의 綠地地域 2個地點, 住居地域 2個地點과 商業地域 6個地點으로 區分하여 選定하였으며 各地點에서 採取한 街路樹의 樹種은 Table 1과 같으며, 各地點의 位置는 Fig.1과 같다.

2. 試料採取 및 調製

1) 試料의 採取

調査對象地點에 공동으로 植生하는 樹種에 대하여 樹冠下位部의 成熟葉을 各各 30~40個을 취하였으며, 土壤은 葉採取 樹木의 지표면에서 5cm 깊이로 파서 골고루 섞어 各各 50~100g을 취하였다.

2) 葉試料의 處理

採取한 試料의 處理는 栽培植物分析測定法에 의하였다.¹⁷⁾ 葉中 chlorophyll의 抽出 및 定量에 是 生葉을 사용하였고 硫黃含量과 重金屬의 抽出 및 定量의 경우는 채취한 試料의 옆표면을 2~3회 깨끗이 風乾하여 生重量을 測定하였다.

초기에 약 한시간 가량 통풍건조기를 사용하여 90℃에 방치하여 酵素作用을 防止시킨 후 低溫에서 72시간을 通風乾燥하였다. 완전히 건조된 試料의 무게를 측정하여 乾重量(dry weight)으로 하였으며 그 차이에 의하여 含水率을 구하였다. 건조된 試料는 粉碎器로 試料가

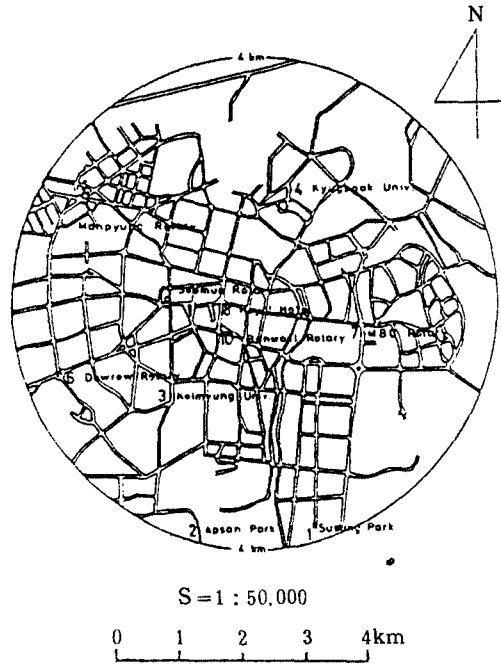


Fig. 1. Sampling sites in Daegu Area.

Table 1. The Status of Sampling Points and Tested Tree Species.

Site No.	Location	Status	Tree Species
1	Susung Park	Greenbelt area	Platanus orientalis
2	Apsan Park	"	"
3	Keimyung Univ.	Residential area	"
4	Kyungpook Univ.	"	"
5	Seomun Rotary	Commercial area	"
6	Dewrew Rotary	"	"
7	MBC Rotary	"	"
8	Royal Hotel Rotary	"	"
9	Manpyung Rotary	"	Salix pseudo-lasiogyne
10	Banwoul Rotary	"	Ginkgo biloba

0.5~1.0mm의篩를 통과할 때까지 粉碎한 후 polyethylene 병으로 密栓하고 直射日光을 피하여 保存하였다. 이때 대부분의 中助과 葉柄은 제거되었다.

3) 土壤試料의 處理.

채취된 시료는 우선 두꺼운 비닐위에 얇게 피서 風乾하고 風乾된 試料를 105°C에서 48hr간 조한 후 desicator에 식혀서 乾燥重量을 測定하여 含水率을 구하였다.

3. 分析方法

1) 葉試料의 分析

(1) 무게 및 含水率: 10mg까지 測定하여 含水率은 다음과 같이 구하였다.

$$\text{含水率(\%)} = \frac{\text{葉生重量} - \text{葉乾燥重量}}{\text{葉生重量}} \times 100$$

(2) 葉中 水溶性 硫黃含量: 分析은 栽培植物 分析測定法에 의하였다.¹⁷⁾ 試料 4g을 200ml의 물로 30°C, 30~40 rpm으로 1시간 정도 진탕하여 水溶性 硫黃을 抽出하였다. 이것을 250ml로 정확히 맞춘 다음 Whatmann No. 1 여지로 여과하였다. 여과액 200ml에 con-HNO₃ 3~4 방울을 加하고 가열하여 거의 증발되면 水浴에서 완전히 乾燥시켰다. 여기에 0.3N HCl 25ml를 加해 용해한 후 물로 100ml로 만들었다. 이 액을 砂浴에서 가열하고 BaCl₂ 용액을 침전이 끝날 때까지 과량으로 加하였다. 80~90°C의 水浴上에서 한시간 정도 방치한 후 하룻밤을 방냉하여 이것을 Whatmann NO.42 여지로 거르고 뜨거운 물로 씻었다. 염소의 존재는 AgNO₃ 용액으로 점검하였고 沈澱이 나타나면 계속 씻어 버렸다. 다음에 건조하고 灰化爐에서 600°C로 灰化한 후 desiccator에서 방냉하고 무게를 측정하였다.

$$\begin{aligned} \text{分析試料中の S(\%)} &= \frac{0.1374 \times W}{32} \\ &= 0.004294 \times W \end{aligned}$$

W: BaSO₄로서의 秤量值(mg)

(3) 葉中 chlorophyll 含量: 分析은 栽培植物 分析測定法¹⁷⁾과 植物生理生態學實驗¹⁸⁾에 의하였다. 앞면 5~7cm²의 葉片을 取하여 面積을 재어둔다. 試料를 잘게 썰어 小型의 막자사발로 간 다음 여기에 80% acetone 5ml를 加하고 con-HCl 한방울을 加하면 chlorophyll은 phaeophytin으로 變化하여 녹색에서 갈색으로 變色한다. 乳鉢속의 內溶物을 여과하고 80% acetone으로 색이 없어질 때까지 씻는다. separatory funnel에 소량의 benzene을 사용하여 活栓을 막아서 活栓 wash를 이 불지않게 flask속의 內容物을 benzene으로 씻으면서 分액여두로 옮긴다. 층이 나누어지면 하부의 수층을 버리고 물을 加하여 다시 세척을 한다. 내용물을 매스실린더에 옮겨 phaeophytin의 benzene 용액의 溶積(ml)을 기록하고, 이 용액에 absolute Na₂SO₄粉末을 加하여 투명하게 한다. 이 용액을 spectrophotometer (Spectronics, 20, Bauch and Lomb)로 660mμ 영역에서 phaeophytin의 농도투과곡선(검량선)에 의하여 농도를 구한다 (10⁻²mg/cm²).

試料中の chlorophyll量(chlorophyll a, b의 합) = 1.026 × phaeophytin의 농도(10⁻²mg/ml) × benzene 용액(ml).

(4) 重金屬 含量의 測定: 公害公定試驗法에 준하였다.¹⁹⁾ Kjeldahl flask를 이용하여 con-HNO₃, con-H₂SO₄로 분해한 후 重金屬成分을 알칼리성(pH=9.5)으로 조절한 후 dithizone-CCl₄ 용액으로 鉛을 抽出하였다. 生成된 鉛의 dithizone 錯化合物을 鹼으로 分解하여 鉛을 재차 酸性水溶液으로 逆抽出하고 原子吸光法에 의하여 atomic absorption spectrophotometer (Model, Shimadzu, AA-646)에 의하여 흡광도를 測定하여 검량선에 의하여 농도를 구하였다.

2) 土壤試料의 測定

(1) 含水率: 風乾된 土壤 5g을 정확히 取하여 105°C, 48hr 乾燥한 후 desicator에 식혀서 乾燥量을 測定하였다.

(2) 浸水土壤의 pH: 토양 5g을 50ml beaker에 담은 후 CO₂를 제거한 후 증류수 25ml을 加하였다. 진탕기에서 한시간동안 30rpm으로 진탕한 후 현탁액 상태에서 測定하였다.

(3) 重金屬 含量의 測定: con-HNO₃을 이용하여 hot plate上에서 30~60여분간 가열분

해(아질산가스의 발생이 끝날때까지)하고 con-H₂O₂로 다시 분해하고 0.5N HNO₃을 加하여 溶解시켜서 dithizone-CCl₄용액으로 抽出後 묽은 염산으로 逆抽出한 定量法에 準하여 測定하였다.¹⁹⁾

III. 結果 및 考察

1. 葉中 水分含量變化

採取 地點別 葉中水分 含量은 Table 2, 3 과

Table 2. Properties and Pollutants of Roadside Tree Leaves at Sampling Sites (Oct. 1987).

Site No.	Water content (%)	Chlorophyll (mg/cm ²)	Water soluble sulfur content (%)	Lead content (ppm)
1	68.5	0.064	0.195	4.7
2	72.3	0.075	0.095	3.1
3	65.4	0.063	0.235	4.7
4	66.3	0.054	0.216	5.1
5	61.4	0.039	0.237	15.7
6	62.5	0.043	0.225	12.8
7	64.6	0.046	0.240	13.7
8	63.2	0.037	0.430	19.8
9	60.4	0.042	0.256	22.4
10	63.7	0.039	0.312	20.5
M ± S. D.	64.83 ± 3.536	0.050 ± 0.013	0.244 ± 0.085	12.25 ± 7.38

Table 3. Properties and Pollutants of Roadside Tree Leaves at Sampling Sites (Jul. 1988).

Site No.	Water content (%)	Chlorophyll (mg/cm ²)	Water soluble sulfur content (%)	Lead content (ppm)
1	72.3	0.084	0.215	3.7
2	74.6	0.103	0.076	2.5
3	68.3	0.093	0.247	3.1
4	67.5	0.084	0.184	3.3
5	64.3	0.078	0.323	17.5
6	65.7	0.067	0.259	14.9
7	67.2	0.058	0.342	13.4
8	64.3	0.048	0.614	24.5
9	63.6	0.053	0.731	21.3
10	66.4	0.055	0.340	22.6
M ± S. D.	67.42 ± 3.563	0.072 ± 0.018	0.333 ± 0.197	12.68 ± 8.85

같다. 수분함량의 범위는 최저 60.4%에서 74.6%의 수준을 나타내었으며 김등⁹⁾은 잣나무와 독일가문비나무는 SO₂ gas의 농도가 높아질수록 수분함량이 유의성을 가지고 감소하며 回歸式은 잣나무가 moisture = -7.2520 SO₂ppm + 56.3526, r = -0.7389이며, 독일가문비나무는 moisture = -14.6677 SO₂ppm + 59.2180, r = -0.9128로 매우 유의성이 높다고 하였으며, 실험재료 전체로 보면, moisture = -3.1007 SO₂ppm + 58.7279, r = -0.2163으로 95%의 유의성이 있었으나 葉綠素含量과 水溶性 硫黃含量과 상관성을 인정할 수 없다고 하였다. 本 調査에서는 10月の Mean ± S. D. 値는 64.83 ± 3.536, 7月은 67.42 ± 3.563으로 나타났으며, water content와 chlorophyll 및 수용성 유황함량과 鉛含量과의 回歸式은 chlorophyll = -0.1981 + 0.0040 water content, r = 0.561(7月), water soluble sulfur = 3.139 - 0.0416 water content, r = -0.549(7月), lead content = 145.46 - 1.9695 water content, r = -0.592(7月)로 나타나 水分含量과의 상관성이 인정되었다(Table 4.5).

수분부족의 葉中 生理的 變化^{20,21)}는 세포의 크기와 수분 부족 사이에는 밀접한 상관관계가 있다. 또한 아미노산의 단백질로의 편입(incorporation)을 억제하고 식물체 내의 효소수준에도 영향을 주며 abscisic acid(ABA)는 급속도로 상당한 양으로 축적되고 ABA가 蓄積되면 기공이 닫히고 증산작용이 억제되기 때문이며 ABA는 식물노화를 촉진시킨다. 幹 含水량이 감소되면 기공의 가스 확산능력이 감퇴되며 세포에 있는 엽록체나 원형질의 水和度(hydration)가 감퇴될 때에는 지장을 일으킨다.

2. 葉中 葉綠素 含量變化

葉綠素 含量은 Table 2, 3과 같다. 엽록소의 함량이 많으면 光合成은 더욱 旺盛하여 진다.

일반적으로 고등식물에서는 chlorophyll a(C₅₅H₇₂O₆N₄Mg)와 b(C₅₅H₇₀O₆N₄Mg)의 두 가지 형태가 있는데 葉綠素가 형성될려면 빛이 없는 어두운 곳에는 葉綠素가 형성 못함으로써 黃白現象(Etiolation)이 나타나고 葉綠素 이외에 다른 조건 중 하나라도 결핍되면 葉綠素가 형성되지 않고 黃化現象(chlorosis)을 일으킨다.^{20,21)}

김등¹⁰⁾은 草本類에 대한 實驗結果와 비교하면 大氣汚染物質에 대한 저항성이 樹木이 草本보다 높고 피해 진행도가 느리며 葉의 두께가 두꺼운 針葉樹가 얇은 濶葉樹보다 낮은 피해를 나타내며 침엽수보다 활엽수가 汚染에 약하고 빠른 시간에 可視被害를 나타내는 傾向을 보이고 있다고 하였다. 本 조사에 대상이 되는 대부분은 활엽수이며 비교적 교통량이 적은 계명대, 앞산공원, 경북대 지점은 10月の 경우 各 各 0.063, 0.075, 0.054mg/cm² 등으로 他地點보다 비교적 높게 나타내었으며, 교통량이 많은 로얄호텔 지점은 0.037mg/cm²로 가장 낮게 나타내었다. 7月の 경우는 10月보다 약간 높은 값을 나타내고 있으며 10月과 7月の 지점별 분포는 비슷하게 측정되었다(Fig.2).

김등¹³⁾은 서울지역의 測定한 葉中 葉綠素含量에서 모든 樹種에서 대기오염도가 심해짐에 따라 葉綠素의 含量이 낮아 진다고 하였다. 김등⁹⁾은 SO₂ gas 농도 증가에 따라 엽록소의 함량은 감소하며 그 回歸式은 chlorophyll = 0.0020 SO₂ ppm + 0.0185, r = 0.2025로 95% 수준의 유의성을 나타내나 전체적으로 葉綠素 含量과 水溶性 硫黃 含量間에는 負의 有意性은 있으나 各 樹種別로는 負의 傾向만을 나타낸다고 하였다. 本 研究에서는 葉綠素 含量과 水溶性 硫黃 含量과의 回歸式은 chlorophyll = 0.0980 - 0.0771 water soluble sulfur, r = -0.613(7月), chlorophyll = 0.0964 - 0.0019 lead content, r = -0.699(7月)로

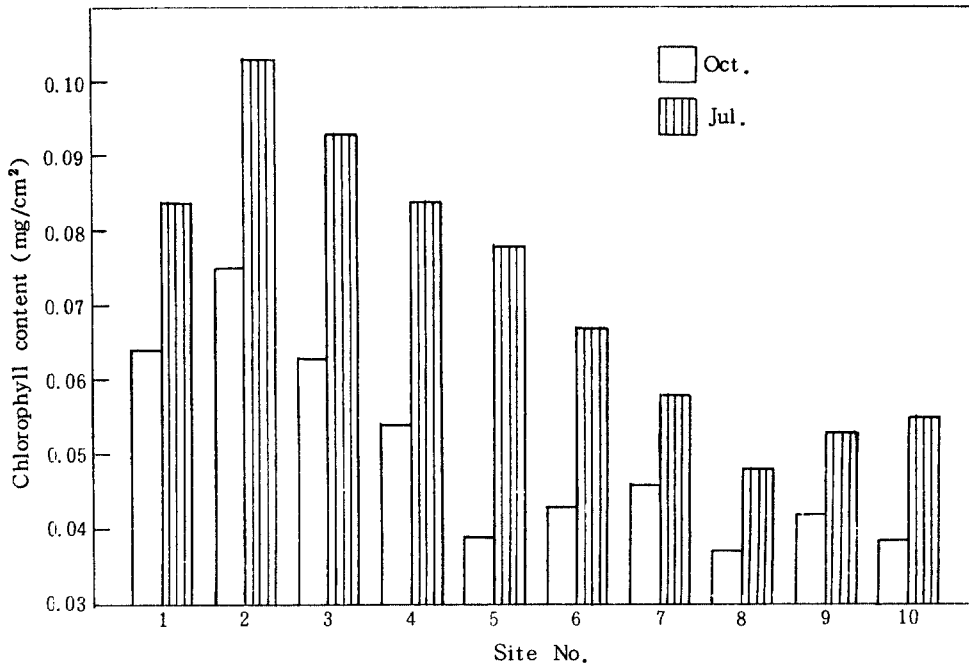


Fig. 2. Comparison with chlorophyll content by month

Table 4. Correlation Coefficient between Water Content, Chlorophyll, Water Soluble Sulfur and Lead Content in Leaves of Surveyed Tree.

Variables		Oct. 1987	Jul. 1988
X	Y		
Water content	Chlorophyll	0.700	0.561
"	Water soluble sulfur	-0.428	-0.549
"	Lead content	-0.611	-0.592
Chlorophyll	Water soluble sulfur	-0.564	-0.613
"	Lead content	-0.693	-0.699
Water soluble sulfur	"	0.514	0.593

나타나 負의 相關關係 임을 알 수 있었다. 또한 Chevone 등⁶⁾의 植物의 acid sulfate aerosol 농도변화에 따른 visible injury와 chlorophyll 含量的 변화에서도 그 유의성을 볼 수가 있었다.

3. 水溶性 硫黃 含量變化

各 地點別, 月別 水溶性 硫黃 含量은 Table 2, 3 과 같다. 水溶性 硫黃 含量이 가장 높은 지점은 7月的 만평로터리로 0.731%와 10月的

Table 5. Regression Equation between Chlorophyll, Water Content, Water Soluble Sulfur and Lead Content in Leaves of Surveyed Tree $Y = a + bX$

Variables		Oct. 1987		Jul. 1988	
X	Y	a	b	a	b
Water content	Chlorophyll	- 0.1660	0.0033	- 0.1981	0.0040
Water soluble sulfur	//	0.0789	- 0.1176	0.0980	- 0.0771
Lead content	//	0.0696	- 0.0015	0.0964	- 0.0019
Water content	Water soluble sulfur	1.2250	- 0.0151	3.139	- 0.0416
Lead content	//	0.1431	0.0082	0.1080	0.0177
Water content	Lead content	122.208	- 1.696	145.46	- 1.9695

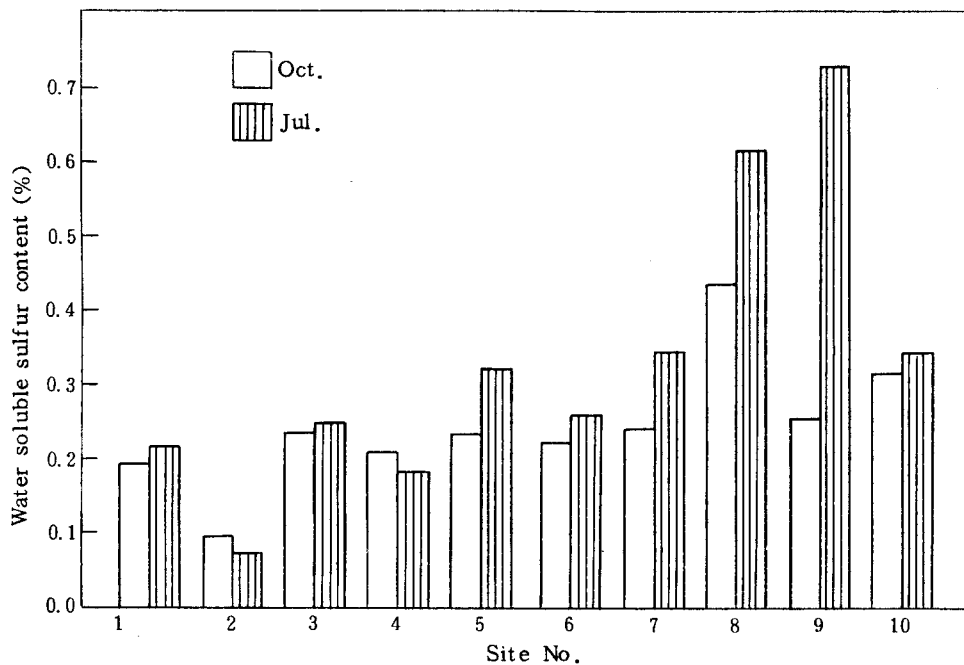


Fig. 3. Comparison with water soluble sulfur content by month

로얄호텔 지점의 버즘나무로써 0.430%을 나타내었고 地點別로 10월에 비하여 7월이 다소 높게 나타내었다. 상업지역에 비하여 綠地地域과 住居地域間에도 다소간의 함량변화를 나타내었다(Fig.3).

김등¹³⁾의 大邱地域 葉中 硫黃 含量의 調査分析値와 비슷한 결과를 볼 수 있으며, 地點 선

정에는 약간의 차이는 있으나 본 조사와 비교하여 85년에 비하여 87년 조사²⁴⁾와 연계하여 교통량의 증가를 주 원인으로 하여 기타 산업체의 발달로 전반적으로 약간 상승치를 나타내었다. 그리고 10월과 7월의 계절별 변화에서도 김등^{3,14)}의 변화 양상과 비슷한 경향을 보였다.

계절별 大氣汚染度와 硫黃 含量의 비례 상관관계에 영향을 주는 온도, 습도, 풍속 등 수목의 흡수능력, 시기별 생리현상 등 복잡한 현상이 관계되는 것으로 해석된다. 차량 통행량이 많은 道路邊이나 그 주위에서는 일반적으로 大氣汚染度가 자동차의 통행정도와 그 특성에 직접적으로 영향을 받으며 82년 10월에 실측한 서울의 교차로의 시간당 교통량과 대기오염물질 중 CO 농도와 비교해서 교차로에서의 오염도 변화곡선은 차량대수와 어느정도 비슷한 경향을 보였다.²²⁾ 김등²⁵⁾은 부산 시내 식재된 *Culhamia simplex*의 수용성 유황 함량과 葉綠素와의 상관계수가 -0.509로 나타나 負의 相關關係를 인정하였으며 葉中 Pb 과 葉綠素와의 관계는 *Platanus occidentalis*의 경우 -0.586으로 나타나 本 調査의 葉綠素와 水溶性 硫黃 含量 및 葉中 重金屬 含量과의 相關係數가 各 各 7月的 경우 -0.613, -0.699로 負의 相關關係를 나타내어 조사대상 樹木의 약간의 차이는 있어도 유의성을 볼 수 있다. 87년도 환경청²⁶⁾의 대구시 대기오염 중 SO₂ 농도 변화에서 서울 등 타지점과 비교해 볼때 도로변 SO₂에 의한 葉中 硫黃 含量에 크게 영향을 미칠 것으로 사료된다. 또한 視程을 惡化시키는 sm-

og 현상의 경우 視程惡化의 원인을 대기오염물질의 구성 성분으로 寄與率을 환산하면 sulfate(吸混效果 包含)가 41.7%, 탄소입자가 31.7%, NO₂ 7.1%, N₂ 및 O₂가 3.2%로 추정하였다.²³⁾

葉中 硫黃 含量 測定은 수용성 유황의 경우 식물의 종류에 따라 함량이 다르고 대기중 유황산화물의 존재량에 따라 좌우되며 유황산화물에 의한 대기오염도의 일정기간의 평균상태에 대한 지표가 될 수 있다는 점에서 유용할 것이다.

4. 葉과 土壤의 重金屬 含量變化

各 地點別 調査對象 樹木의 葉과 토양의 Pb의 함량은 Table 2, 3, 6, 7와 같다. 10月的 葉中 Pb 농도 측정 중 만평로타리 地點의 능수버들잎이 22.4ppm, 7月的 로얄호텔 버즘나무잎이 24.5ppm으로 가장 높게 나타났으며, 교통량이 많은 지점의 경우 대부분 8~10ppm을 상회하고 있었고 녹지 및 주거지역은 대부분 2~3ppm 내외로 나타나 오염지역과 비오염지역 간에는 Pb의 농도차가 현저하였다. 김등^{13, 25)}의 조사성과 유의성을 나타내었으며 서울의 조사시점과 비교하면 다소 낮으나 부산 등과

Table 6. Properties and Pollutants of Roadside Soil at Sampling Sites (Oct. 1987)

Site No.	PH	Water content (%)	Lead content (ppm)
1	7.4	4.3	1.4
2	6.1	6.2	0.8
3	6.2	5.8	2.4
4	4.8	5.9	2.1
5	7.9	1.4	7.3
6	7.6	3.2	6.2
7	7.8	3.5	6.8
8	8.1	2.1	8.9
9	7.3	2.8	11.3
10	7.3	3.4	9.2
M ± S. D.	7.05 ± 0.981	3.86 ± 1.569	5.64 ± 3.524

비교하면 오염의 축적현상의 차이를 비교하여 대기오염 현황을 간접적으로 파악이 가능하였다. 가로수의 경우 葉內 Pb含量은 자동차 배기가스에 배출되는 Pb과 관계가 높으며 통행량과 상관성이 높게 나타났다.²²⁾

토양의 重金屬含量은 오염원 뿐 아니라 토양자체의 성질에 의해서도 영향을 받는다고 한다.²¹⁾ Table 6, 7는 조사대상 지역의 Pb와 토양에 대해 몇가지 성질을 조사한 것이다. 오염

도가 심한 지역은 대체로 약알칼리로 나타났으며 활엽수의 생육에는 지장이 없는 정도인데 이는 보도블록 등에 함유된 시멘트 등의 알칼리성 물질이 용해 침투되었을 가능성도 있을 것이다. 비오염 지역은 약산성을 나타내었다. 함유율은 5% 상회의 경우는 粘土의 함량이 많고, 0~3%의 경우는 모래 함유량이 많은 것으로 보인다.

葉中 鉛의 농도와 그와 대응하는 토양의 중

Table 7. Properties and Pollutants of Roadside Soil at Sampling Sites (Jul. 1988)

Site No.	PH	Water content (%)	Lead content (ppm)
1	7.2	5.2	1.2
2	6.2	10.3	0.4
3	5.8	7.3	1.8
4	5.9	6.9	1.4
5	8.2	3.2	9.2
6	7.2	3.3	8.3
7	8.0	3.5	6.7
8	7.4	2.8	14.1
9	7.3	2.3	10.8
10	7.5	3.99	11.7
M ± S. D.	7.07 ± 0.791	4.87 ± 2.420	6.56 ± 4.766

Table 8. Lead Concentration Ratio among Soil and Plant Leaves by month (Oct. 1987 and Jul. 1988)

Site No.	Ratio	October	July
1	Plant leaves/Soil	3.35	3.08
2		3.87	6.25
3		1.95	1.72
4		2.42	2.3
5		2.15	1.9
6		2.06	1.79
7		2.01	2.00
8		2.22	1.73
9		1.98	1.97
10		2.22	1.93
M ± S. D.		2.423 ± 0.619	2.467 ± 1.317

금속 함량을 상호 비교하기 위하여 Fig.4에 圖示하였다. 옆중 Pb의 농도가 높은 지역과 토양과 비교하여 유의성을 볼 수 있었고 상업지역의 8, 9, 10 지점의 경우(7月) 10ppm을 상회하고 있었고 대부분 상업지역은 7月·10月 各各 5 ppm 이상을 나타내었다. 87년도 고속도로변 토양의 Pb함량과 상관관계를 볼 수 있었다.²⁷⁾ 토양과 옆중 Pb농도의 比를 구함으로써 吸收의 정도를 비교할 수 있었다(Table 8).

일관성 있는 흡수 혹은 농축현상을 나타내지

는 않으나 조사 지점별로 비슷한 수준을 나타내었다. 조등²⁸⁾의 대구시청의 대기중 pb의 농도가 평균 $0.251 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 서울의 광화문, 서울역의 평균 $0.453, 0.534 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 비교하면 다소 차이는 있으나 대구시의 가로수변 토양의 Pb함량에 크게 영향을 미칠 것으로 사료된다. 공기중의 Pb가 토양을 오염시킬 경우라 하더라도 영향을 받는 곳은 토양단면의 윗부분으로서 겨우 수 cm의 깊이 정도이다. 이렇게 상층에만 국한된 까닭은 Pb^{+2} 이 유기교질과

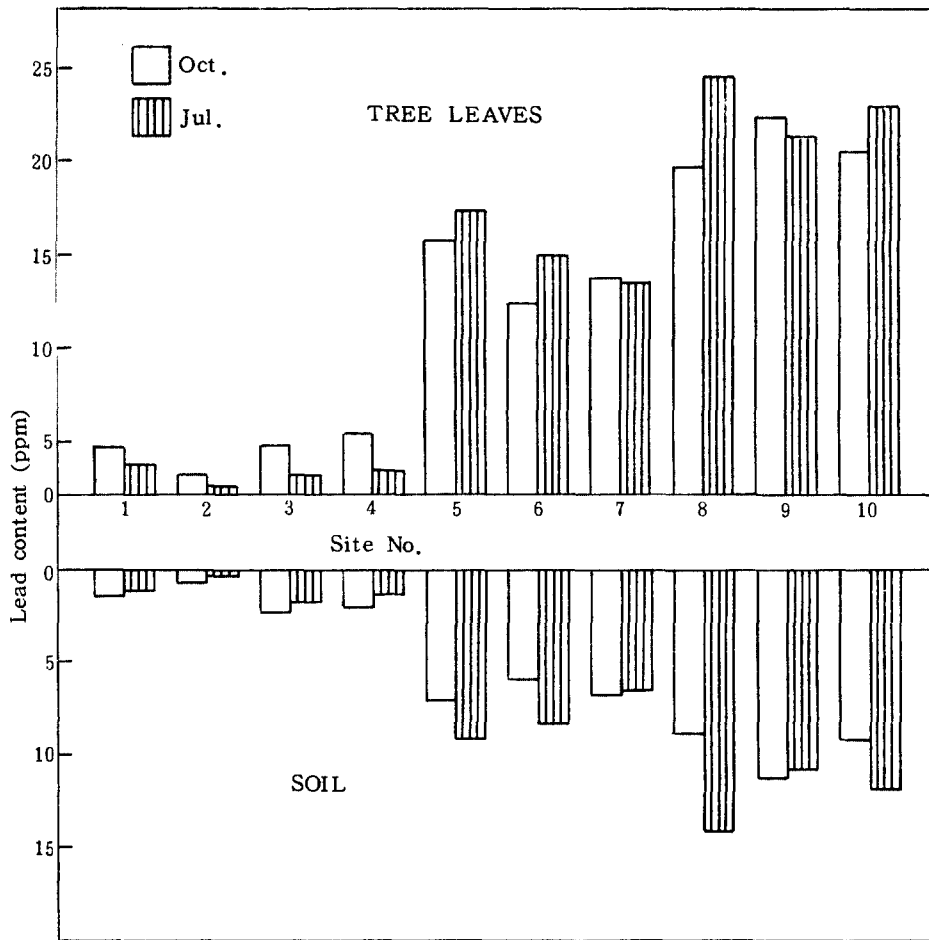


Fig. 4. Lead concentration of tree and soil by month

점토교질에 강하게 흡착되어 있음과 동시에 유기물과 더불어 불용성 Pb chelate를 형성하기 때문이다. 또한 토양의 Pb가 높으면 Pb는 수산화물, 인산염, 탄산염의 형태로 석출되는 것 같고 이 밖에도 Pb유기물 복합체의 형성을 증진시키는 것처럼 보인다.

IV. 結 論

大邱市內 도로변 10個地點의 樹木을 對象으로 버즘나무(*Platanus orientalis*), 능수버들(*Salix pseudo-lasiogyne*), 은행나무(*Ginkgo biloba*) 葉等の 水分含量, chlorophyll의 含量, 水溶性 硫黃含量의 蓄積程度 및 重金屬의 含量과 道路邊 土壤을 對象으로 토양의 pH, 含水率 및 重金屬 含量을 調査 分析하여 얻은 結果는 다음과 같다.

1. 葉中 水分含量의 범위는 60.4~74.6 %를 나타내었고 水分含量과 葉綠素 含量 및 水溶性 硫黃含量과의 상관관계는 $\text{chlorophyll} = -0.1981 + 0.0040 \text{ water content}$, $r = 0.561$, $\text{water soluble sulfur} = 3.139 - 0.0416 \text{ water content}$, $r = -0.549$ 로 各各 正과 負의 相關關係를 인정할 수 있었다.

2. 조사대상 지점별 葉中 葉綠素 含量은 비교적 교통량이 적은 녹지 및 주거지역은 상업지역에 비하여 다소 높게 나타났으며 葉綠素 含量과 水溶性 硫黃含量 및 重金屬과의 상관관계는 $\text{chlorophyll} = 0.0980 - 0.0071 \text{ water soluble sulfur}$, $r = -0.613$, $\text{chlorophyll} = 0.0964 - 0.0019 \text{ lead content}$, $r = -0.699$ 로 各各 負의 相關關係를 인정할 수 있었다.

3. 水溶性 硫黃含量의 경우 10月 0.244 ± 0.085 , 7月 0.333 ± 0.197 의 평균값을 나타내었으며 상업지역이 다소 높게 나타났다.

4. 各 地點別 조사대상 수목의 葉中 Pb함량은 綠地 및 주거지역은 2.5~5.1 ppm, 상업지

역은 12.8~24.5 ppm 범위를 나타내었고 토양의 pH는 오염도가 높은 지역은 대체로 약알칼리를 띠고 있으며 함수량은 1.4~10.3% 범위를 나타내었다.

5. 비교적 교통량이 많은 즉 대기오염상태가 높게 예상된 지역의 樹木 葉에서 硫黃含量과 Pb의 농축현상이 높고 chlorophyll含量은 낮게 나타나 대기오염도와 비례적 관계가 있는 것으로 인정되었다. 대기오염과 수목과 토양의 관계는 복잡하고도 다양한 요인이 작용하므로 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이며 본 조사에서는 調査地點과 樹種과 조사항목 등의 制限의 要素가 있었음을 지적하고 싶다.

參考文獻

1. Stoker H.S. et al.: Environmental Chemistry-Air and Water Pollution, second edition, Scott, Foresman and Company, Illinois, 1976.
2. 金在鳳 外: 重金屬에 의한 土壤汚染과 農作物內 含量의 相關關係에 관한 研究, 국립환경연구소보, 2: 203~211, 1980.
3. 金在鳳 外: 指標生物을 利用한 서울周邊 環境汚染調査研究, 국립환경연구소보, 3, 227~236, 1981.
4. 西尾陽吉: 大氣汚染と樹木, 大阪農業, 10(4): 26~36, 1960.
5. Umbach D.M. et al.: Severity of SO₂-induced leaf Necrosis on Caribbean, Scots, and Virginia pine Seedlings, JAPCA, 36: 1019-1021, 1986.
6. Chevone B.I. et al.: Direct Effects of Atmospheric Sulfate Deposition on Vegetation, JAPCA, 36; 813-815, 1986.
7. Linn W.S. et al.: Respiratory responses of Exercising Asthmatic Volunteers Ex-

- posed to Sulfuric Acid aerosol, JAPCA, 36(12): 1323-1328, 1986.
8. Stock T.H. et al.: The Estimation of personal exposures to Air pollutants for a Community-Based study of Health effects in asthmatics-design and results of air monitoring, JAPCA, 35:1266-1273, 1985.
 9. 金在鳳 外：大氣汚染이 植物에 미치는 影響에 關한 實驗的 研究(II), 국립환경연구소보, 7: 353~370, 1985.
 10. 金在鳳 外：大氣汚染이 植物에 미치는 影響에 關한 實驗的 研究(I), 국립환경연구소보, 6: 271~288, 1984.
 11. 朴在柱 外：工業地域의 環境汚染物質의 蓄積과 樹木成長의 相關關係에 對한 調查研究, 국립환경연구소보, 5: 237~260, 1983.
 12. 金在鳳 外：非汚染地域의 自然植物에 對한 基礎硫黃含量調查, 국립환경연구소보, 4: 299~310, 1982.
 13. 金在鳳 外：都市 綠化樹의 耐煙性에 關한 研究, 국립환경연구소보, 7: 337~352, 1985.
 14. 金在鳳 外：四個工團周邊地域의 솔잎중 硫黃 및 弗素含量에 關한 研究, 국립환경연구소보, 3: 255~270, 1981.
 15. 金炳宇：植物生育에 미치는 重金屬의 影響에 關한 研究, 尙志大 論文集, 3: 391~407, 1982.
 16. 金炳宇：道路邊 數種 植物體內的 Zn, Mn, Fe, Pb의 含量에 關한 研究, 尙志大 論文集, 1: 195~203, 1980.
 17. 作物分析法 委員會編：栽培植物分析測定法, 養賢堂, 東京, 1975.
 18. 金遵敏 外：植物生理生態學實驗, 日新社, 서울, 1980.
 19. 環境廳：環境汚染公定試驗法, 환경청 告示, 82-2, 1981.
 20. 康榮燾 外：植物營養學, 教文社, pp.180~185, 서울, 1980.
 21. 郭炳華 外：植物生理學, 鄉文社, pp.80~125, 서울, 1980.
 22. 趙康來 外：自動車 排出가스로 因한 交叉路 및 幹線道路邊 大氣汚染度 調查研究, 國立環境研究所報, 4: 77~89, 1982.
 23. 李敏熙 外：首道圈 大氣中の 스모그現象에 關한 研究, 국립환경연구소보, 7: 45~61, 1985.
 24. 車相殷 外：指標植物을 利用한 大氣汚染度의 比較研究, 啓明大 基礎科學研究論集, 7(1): 101~107, 1988.
 25. 金在鳳 外：大氣汚染이 植物에 미치는 影響에 關한 實驗的 研究(III), 국립환경연구소보, 8: 331~349, 1986.
 26. 環境廳：排出施設 및 測定現況, 1987.
 27. 정완호：高速道路邊 生態系의 납과 카드뮴 含量의 比較연구, 동국대대학원 박사학위 論文, 1987.