

大氣汚染이 全州·群山間 國道邊 왕벚나무에 미치는 影響(I)¹
— 水溶性 黃, Pb, Cd 함유량을 中心으로 —
金昌浩²·黃愈喆²·任慶彬³

Effect of Air Pollution on Cherry Tree (*Prunus yedoensis* Matsumara) planted on National Roadsides between Cheonju and Kunsan City (I)¹

- Water soluble sulfur, Lead and Cadmium Contents in the Leaves -
Chang Ho Kim², Yu Chul Hwang² and Kyong Bin Yim³

要 約

本 研究는 全州-群山間 國道邊 約 40Km에 列植된 왕벚나무를 대상으로 하여 자동차 배기가스에 의한 空氣汚染이 왕벚나무의 生育에 미치는 影響을 說明하고자, 選定된 全州-群山間 國道邊兩側 10개의 地點에서 各 地點 當 5그루씩 總 100株에 있어서 樹冠中間部位에서 成熟葉을 採取하여 葉中 水溶性 黃, Pb, 그리고 Cd 含有量을 調査하였다. 主要結果는 다음과 같다.

(1) 葉中水溶性 黃 含有量은 0.06-0.07%의 범위를 보였고, 대조구보다 2배가 더 많았다. 全州-裡里間보다는 裡里-群山間的 試料가 더 높은 水溶性 黃 含有量을 보였다. 對照試料와 비교할때 黃의 汚染이 인정되었다. (2) Pb 含有量은 12-35ppm의 범위를 보였고 道路右側試料의 含有量이 左側試料의 含有量보다 높았다. 對照試料와 비교할 때 Pb의 더 많은 吸收量을 인정할 수 있었다. Pb 汚染源은 일단 차량의 排氣가스에서 오는 것으로 推斷하고 이곳을 스쳐가는 바람의 영향도 생각 될 수 있는 것으로 보았다. (3) Cd 含有量은 0.42-0.98ppm의 범위를 보였고 對照試料와 비교할 때 Cd의 汚染이 인정 될 수 있었다. (4) 벚나무 道路樹의 健康度는 주로 교통에 의한 汚染以外에도 個體에 따른 遺傳的 差異, 그리고 局所立地의 差等, 諸因子의 混合作用이 생각될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

In this study, the water soluble sulfur, lead and cadmium contents of *Prunus yedoensis* leaves were analysed. The water soluble sulfur content considered as a main pollution indicator was extracted by the conventional barium sulfate method and the concentrations were calculated. The results obtained are as follows :

1. The water soluble sulfur contents of the leaves collected from the heavy traffic roadside trees were two times higher than that of control materials on average. It was presumed those trees has been under meaningful pollutants impact. The water soluble sulfur contents of leaves between Cheonju and Iri was higher than that between Iri and Kunsan.
2. The range of Pb contents from roadside trees was 11.9-34.5 ppm for exceeding the control. The trees grown on the right roadside were more heavliy Pb-contaminated.

¹ 接受 1991年 7月 30日 Received on July 30, 1991.

² 東國大學校 林學科 Dept. of Forestry, Dongguk Univ, Seoul, Korea

³ 圓光大學校 林學科 Dept. of Forestry, Wonkang Univ, Iri, Korea

3. The range of Cd contents from roadside trees grown between Iri and Kunsan, the site-to-site variations of Cd concentration was not significant.

Key words : Water Soluble Sulfur, Pb, Cd, Air pollution, Street trees.

I. 緒 論

環境汚染은 人間이 스스로 生活의 質的向上을 도모하기 위해서 環境에 人爲的 行爲를 加함으로써 人間을 비롯한 生物의 生活環境에 좋지 못한 影響을 주고 있으며, 産業이 發達되고 人口가 增加됨에 따라 必然的으로 우리가 生活하고 있는 環境은 크게 毀損되어 가고 있으며, 이러한 過程中에서 生活環境의 汚染이 큰 問題點으로 대두되고 있다.

都市의 大氣汚染을 일으키는 發生源은 家庭暖房 및 炊事用的 石炭係 燃料과 各種 産業場의 石油係에 依한 固定 排出源과 自動車 排氣가스에 依한 移動 排出源이 생각될 수 있다. SO₂가스는 大氣汚染物質中에서도 SO_x, NO_x, HC 등이 人間 및 生態系에 가장 많은 被害를 주는 成分으로 알려져 있다.

車와 金¹⁾에 의하면 휘발유를 使用하는 자동차는 Anti-knocking agents로서 tetraethyl lead (Pb(C₂H₅)₄)와 tetramethyl lead (Pb(CH₃)₄)를 添加하는데 gallon당 3-7ml 정도 含有되며 이는 環境保全法上 엄격한 규제대상이 되고 있으나, 增加해가는 자동차들로 都市의 大氣汚染은 增加되어가고 있으며 자동차로 인한 汚染物質을 저감하기 위하여 자동차의 構造나 排氣裝置 및 淨化裝置等을 개선하는 한편, 탈황시설 및 化學的인 제거방법이 開發되고 있으며 都心地의 大氣汚染 被害를 줄이기 위하여 綠地나 公園 등 緩衝地帶를 설치하고 있는 실정이지만 各種 産業의 高度化와 교통수단의 發達로 都市의 過密現象의 增加를 招來하여 大氣汚染을 加速化시켜 이제는 工團地帶 뿐만이 아니라 都市內의 街路樹에 대한 被害도 심각한 狀態에 이르렀다고 했다.

SO₂가스에 대하여 富俗³⁾ Hamashima 等⁴⁾은 樹木의 葉內 黃 含有量을 分析함으로써 그 被害程度를 逆으로 把握할 수 있다고 하였다.

大氣汚染物質이 樹木에 미치는 影響으로, 竹

原²⁾는 植物體內의 黃 成分은 大氣中에서 흡수한 水溶性 硫黃과 뿌리에서 흡수한 不溶性 硫黃의 形態로 존재하며, 大氣中の SO₂가스는 식물체와 接觸하는 時間이 길면 길수록, 또 濃도가 높으면 높을수록 植物葉內에 蓄積되는 硫黃成分의 含有量이 많아지며 樹種에 따라 吸收能力에는 差異가 있다고 했다. Thomas, M.O. 等¹³⁾에 의하면 일반적으로 SO₂가스에 의한 植物被害는 그 發生過程으로 보아 可視的被害와 不可視的 被害로 나눌 수 있고, 可視的 被害에는 高濃度 가스에 의해서 短時間에 나타나는 急性害가 있으며, 急性害에서는 高濃度の 가스가 短時間內에 급격히 植物體를 자극하여 被害를 주기 때문에 植物體內에 吸收·蓄積되는 量은 오히려 적으며, 不可視的 被害는 低濃度 가스에 의해서 長時間에 걸친 影響으로서, 바로 植物體가 枯死·落葉되지 않더라도 계속 吸收, 蓄積되기 때문에 나타나는 現象이다. 이 두가지 被害樣相은 SO₂가스와 樹木 사이의 單純한 關係만이 아니라, 이를 둘러싼 여러가지 要因에 의해 크게 支配가 된다. 葉內 黃 含有量은 慢性的 被害에서만 현저한 差異를 나타내며, 急性的 被害의 경우에는 그 差가 顯著하지 않았다고 하였다. 세계 여러나라에서는 SO₂가스의 環境基準值를 이미 設定하였으며, 우리나라에서도 環境基準法에 의하여 SO₂의 環境基準值를 年平均 0.05ppm 以下로 規定하고 있다. 金 等⁷⁾에 의하면 黃은 必須元素로 아미노산의 構成元素이며, 모든 생물체에 상당량 存在하며, 植物에 있어 양료로서의 黃 成分은 대개 뿌리로부터 吸收된다고 하였다. 大氣汚染物로 黃 酸化物은 주로 SO₂가스이며 그 자체가 有害, 有毒하며, SO₂는 水溶性이므로 植物體의 잎에 쉽게 吸收되어 葉肉細胞의 습한표면에서 溶解된다고 하였다.

II. 材料 및 方法

1. 試料採取 地點 選定

試料採取 地點은 全州-裡里와 裡里-群山間 約

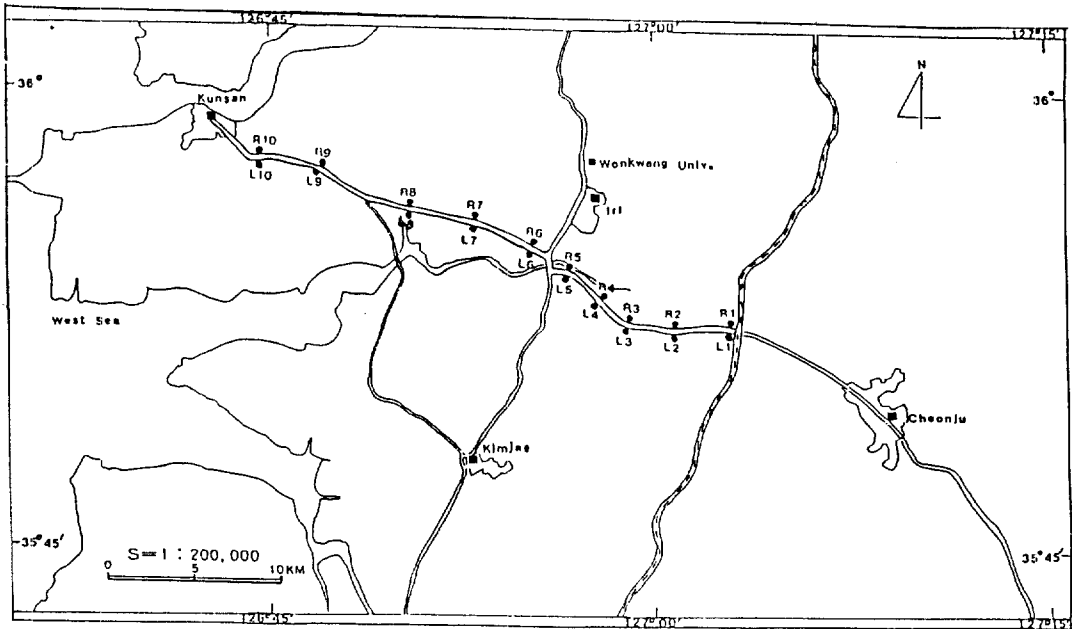


Fig. 1. Location of each sampling site with order numbers.
(R and L indicate Right roadside and Left roadside respectively)

40km 國道邊 兩側으로 植栽되어 있는 20年生 양 뿔나무를 대상으로 하여 1990年 8月 15日에 10개 地點에서 採葉하였고, 한 地點에 있어서 相面하는 道路의 兩側에서 各各 5그루씩, 合計 100그루를 試料로 하였으며, 對照試料木은 汚染이 거의 없다고 생각되는 圓光大學校 構內에서 5그루씩 2反復, 10그루를 대상으로 分析을 實施하였으며, 樹冠 中間部位에서 成熟葉을 採取하여 Polyethylene 주머니에 넣어 實驗室로 運搬 하였다. 公試木 選定地點과 成熟葉을 採葉한 採取地點을 Fig. 1.에 보인다.

2. 試料分析方法

(1). 水溶性 黃 含有量

가. 清洗

採取한 試料는 表面에 부착되어 있는 오물들을 제거하기 위하여 일 表面을 水洗한 後 通風乾燥機에 넣어 2-3日間 90℃로 乾燥시킨 後 粉碎機로 100 mesh이하 되게 粉碎하여 試料로 使用하였다.

나. 分析

粉碎試料 4g을 500ml Erlenmeyer flask에 넣고, D·W 250ml을 Volumetric flask로 取하여

加했으며, 30-40rpm의 速度로 Shaking Incubator에서 진탕시킨 後, 濾紙로 濾過, 여액을 Volumetric flask로 取해서 Beaker에 옮기고, 진한 질산용액을 加한 後, Sand bath 위에서 濃縮시킨 後, 진한 질산용액을 加하고 비등시켜 酸化 分解시킨 後, Water bath內에서 건조시킨 後, 0.3N-HCl 25ml를 加하여 녹인 後, 濾紙로 濾過하면서 뜨거운 D·W로 濾紙를 씻어 내어, 이 액을 다시 Water bath에 넣어 加熱한 5% BaCl₂ 용액 10ml를 加한 後, 加熱시켜 침전체를 形成시키고, Water bath內에서 방냉시켰다. 이 용액을 濾紙로 濾過하면서 뜨겁게 데운 D·W로 침전물을 세척해 주었다. 세척이 完了된 濾紙와 침전물을 도가니에 옮겨서 뚜껑을 덮고, 加熱하여 炭化시킨 後 高溫加熱하여 완전히 炭化시키고 desiccator內에서 冷却시켜서 무게를 測定하여 다음 計算方法에 의하여 黃 含有量을 산출하였다.

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

* W = BaSO₄ 秤量值(mg)

(2) 重金屬 含有量

가. 分析

粉碎試料 1 g을 정확히 秤量하여 低溫灰化機 (Plasma Asher : Yanaco 사제 Model LTA-4 SN)를 利用하여 灰化시킨 後 코니칼 비이커에 HCl과 H₂O₂ (30%)를 加하여 방치시킨 後, Water bath內에서 加熱한 後, 濾過하여 HCl로 水洗 後, Hot Plate에서 加熱 濃縮 시킨 後, 다시 HCl로 水洗 後, 濾過하여 100ml 짜리 Volumetric flask에 담아 AAS (Atomic absorption spectrophotometer)로 低溫灰化法에 의해서 Pb, Cd을 分析하였고, Pb은 217nm, Cd은 228.8nm의 波長에서 定量하였고 公害公定試驗法¹⁶⁾과 作物栽培分析法¹⁵⁾에 準하여 實施하였다.

III. 結果 및 考察

1. 調査地別 水溶性 黃 含有量

對照木이 얻어진 地點은 交通량이 매우 적은 圓光大學校 構內 一隅에 生育中인 것으로 道路樹木과 樹齡이 비슷한 20年生 왕벗나무를 2個 地點에서 各各 5株, 總 10株를 選擇했다. 試料로서의 採葉量은 50g으로서 3反復으로 實驗하였다. 2個 地點의 벗나무는 綜合적으로 對照區值로 하였을 뿐이고, 道路兩側에 配分 分析해서 結論誘出에는 쓰지 않았다.

表 1에서 보는 바와 같이 對照區 樹木의 葉中 水溶性 黃 含有量 分析 結果를 보면 0.030-0.

033%로 나타났으며, 道路變 樹木의 總 平均值로 본 葉中 水溶性 黃 含有量은 0.064-0.072%의 범위를 나타내었는데 이것은 범위 (Range)의 下限値와 上限値에 있어서 對照木의 값은 被害木 값의 半量에 머물고 있음을 말해준다. 이것은 汚染된 大氣에 계속 露出된 葉中 水溶性 黃 含有量이 蓄積·增加했음을 말해주는 것이며, 自動車 排氣 가스에 의한 SO₂ 汚染의 심각성을 찾아 볼 수 있다. 그리고 道路左右側에 따른 差는 거의 없는 것으로 判斷이 되었다. 全州-裡里間보다는 裡里-群山間의 試料에 있어서 水溶性 黃 含有量이 더 높게 나타났다.

Fig. 2.에서 보는 바와 같이 裡里-群山間 地域 樹木에서 水溶性 黃 成分이 비교적 높게 檢出된 것은, 群山地域 西쪽에 위치한 臨海工團 産業體 汚染源과 火力發電所에서 高濃度의 SO₂ 가스가 排出되어 강한 西風에 의해 擴散, 移動되는데 원인이 있는 것으로 생각되며, 이에 대한 調査가 장차 더 이루어져야 할 것으로 생각되었다. 勿論 1日 通行하는 16,000여대의 自動車에서 排出하는 SO₂ 가스에 의한 影響이 크다고 할 수 있다.

千葉¹²⁾는 都心과 외곽地域에서 街路樹의 被害를 調査하여 大氣中의 SO₂의 濃度가 높은 地域일수록 葉中 硫黃含有量이 많으며, 같은 SO₂의 濃度中에서도 被害의 程度는 品種의 個體性 및 樹齡 그리고 土壤條件에 따라서 달라질 수도 있고 잎의 크기에도 影響을 받는다고 하였다.

非汚染地域의 自然植物에 대한 基礎 黃 含有量

Table 1. Water soluble sulfur content of leaves by site.

Region	Site No.	Water soluble sulfur content (%)	
		Left Side	Right Side
	Control	0.0301	0.0335
Cheonju	1	0.0694	0.0546
	2	0.0620	0.0685
	3	0.0615	0.0855
	4	0.0329	0.0581
Iri	5	0.0638	0.0581
	Mean±S·D	0.0579+0.01	0.0650+0.01
Iri	6	0.0449	0.0782
	7	0.0507	0.0516
	8	0.0649	0.0902
	9	0.0647	0.0863
Kunsan	10	0.1284	0.0876
	Mean+S·D	0.0707+0.03	0.0788+0.01
	Total Mean+S·D	0.0643+0.03	0.0719+0.02

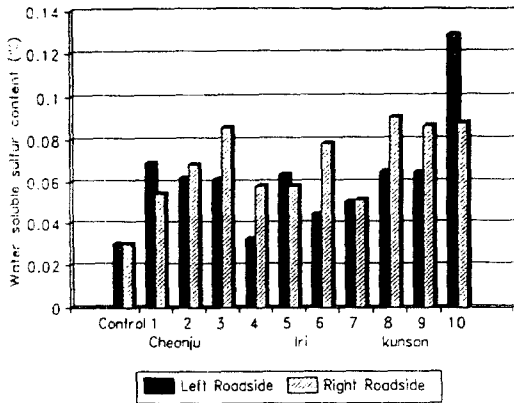


Fig. 2. Water soluble sulfur content of leaves by roadside and by site.

에 대한 金⁷⁾의 調査에 의하면 *Prunus perica*는 0.0441-0.0120%로 나타났으며, 金⁹⁾의 都市綠化樹의 耐煙性에 관한 研究에서 水溶性 黃 含有量을 보면 椴나무는 0.0331-0.0498% 또는 0.0127-0.2460%로, 他 樹種에 비하여 비교적 낮은 含有濃度로 나타났으며, 金⁹⁾에 의해 調査된 待機 汚染이 植物에 미치는 影響에 관한 實驗的 研究에서도 椴나무는 비교적 他 樹種에 비하여 黃 含有量이 낮은 것으로 나타났고, 淨化能力에 있어서도 他 樹種에 비하여 다소 떨어지는 것으로 지적되고 있다.

2. 重金屬 含有量

(1) Pb(鉛) 含有量

表 2에서 보는 바와 같이 Pb 含有量은 最小值 11.92ppm부터 最大值 34.50ppm 사이의 값을 나타내고 있는데 直觀的으로도 파악 할 수 있는 것은, 道路右邊의 樹木이 Pb 含有量에 있어서 當연코 道路左邊 樹木을 크게 능가하고 있다는 事實을 지적할 수 있다. 各各 10個 地點에 대한 平均値를 보면 左側 15.25ppm에 대하여 右側 21.45ppm이 되는 對照値가 얻어지고 있다. T-檢定에 의하면 $T_{ar}=a^{(0.05)}=2.815$ 가 얻어져서 5% 水準으로서 有意差가 인정되었다. 그런데 全州-裡里間 그리고 裡里-群山間의 左右 各各 5個 地點에 대한 표준편차를 보면 左側은 1.98과 2.32이고, 右側은 4.69와 6.94로서 큰 對照를 이루고 CV值도 左側이 0.14인데 右側은 0.27로서, 倍의 差異를 보이고 있다. 이것은 道路右側의 樹木은 局所的으로 Pb 含有量에 變異가 더 심하다는 것을 暗示해 준다. 특히 裡里-群山間 道路의 右側樹木이 Pb의 汚染을 많이 받고 있는 것으로 나타났다.

그런데 비교적 汚染源으로 부터 移動距離가 짧은 重金屬은 排出源 부근의 土壤에 더 蓄積이 될 수 있다. 高⁵⁾에 의하면 空氣中の 浮游 Pb가 植物에 蓄積되는 過程으로서는 重力沈降(Gravity settling), 衝突(Impaction) 등에 의한 것을 들 수 있는데, 相對的 寄與度는 명확치 않으나 粉塵의 動力沈降이 더 중요한 것으로, 大氣에서 沈降된 Pb는 일반적으로 앞 표면에 쌓이게 되고 그

Table 2. Lead content of leaves by site.

Region	Site No.	Lead content (ppm)	
		Left Side	Right Side
	Control	9.89	10.66
Cheonju	1	16.94	11.92
	2	11.92	19.44
	3	13.17	19.44
	4	15.67	24.46
Iri	5	14.43	15.68
	Mean±S·D	14.43±1.98	18.19±4.69
Iri	6	15.17	18.19
	7	13.17	34.50
	8	19.44	26.97
	9	15.68	25.72
Kunsan	10	16.94	18.19
	Mean±S·D	16.08±2.32	24.71±6.84
	Total mean±S·D	15.25±2.21	21.45±6.51

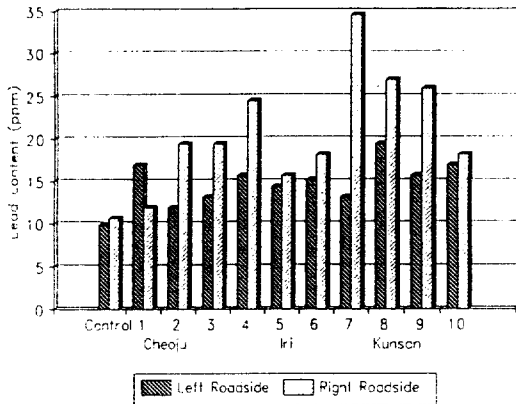


Fig. 3. Lead content of leaves by roadside and by site.

대부분이 降雨로 씻기며 또한 土壤에서 植物의 뿌리에 吸收된 Pb는 難溶性 또는 不溶性 狀態로 存在하고, 土壤中 Pb의 대부분은 吸收되기 어려우며, 溶解性 Pb만이 吸收되며 뿌리에 吸收된 Pb 中 소량만이 잎으로 轉移되므로 葉中 Pb는 大氣中の Pb를 吸收한 것이 대부분인 것으로 알려져 있다.

(2) Cd 含有量

表 3에서 보는 바와 같이 葉中 Cd 含有量은 0.42-0.98ppm의 범위를 보였고, 對照區 樹木의 含有量에 비해서 모든 地點의 값이 더 높게 나타났다. 이것은 이곳 國道變의 樹木이 Cd 汚染을 받고 있다는 證左라 할 수 있다. 특히 裡里-群山

間 道路左側의 왕벗나무는 左側 왕벗나무에 비해서 Cd 含有量이 높은 水準을 유지해서 注目된다.

任¹⁴⁾, 金⁷⁾에 의하면 Cd은 보통 아연광에 含有되어 있고 用途는 자동차 Tire, 건전지, 染色原料 등에 利用되며 Pb보다 植物에 더 큰 沮害를 주며 植物體內 重金屬 蓄積은 重金屬으로 處理가된 水溶液 狀態나 土壤을 通하여 또는 大氣中에서 이루어진다고 하였다. 金⁶⁾은 道路邊 土壤內 Pb, Cd의 汚染度를 低下시키는 方法의 하나로는 重金屬 吸收力이 강한 채송화와 같은 多肉植物을 花壇에 栽培하는 것이 한 方便일 것이라 하였다.

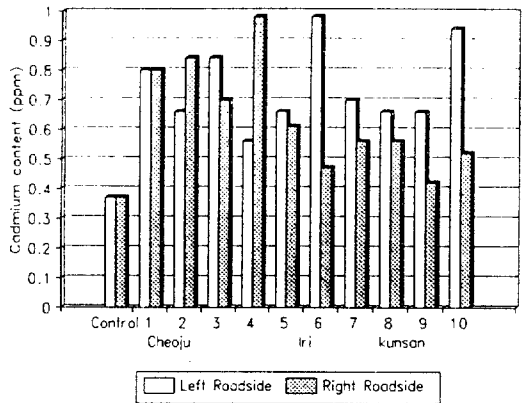


Fig. 4. Cadmium content of leaves by roadside and by site.

Table 3. Cadmium content of leaves by site.

Region	Site No.	Cadmium content (ppm)	
		Left Side	Right Side
	Control	0.56	0.37
Cheonju	1	0.80	0.80
	2	0.66	0.84
to	3	0.84	0.70
	4	0.56	0.98
Iri	5	0.66	0.61
	Mean±S·D	0.70±0.11	0.79±0.14
Iri	6	0.98	0.47
	7	0.70	0.56
to	8	0.66	0.56
	9	0.66	0.42
Kunsan	10	0.94	0.52
	Mean±S·D	0.79±0.16	0.51±0.06
	Total mean±S·D	0.75±0.14	0.65±0.18

IV. 結 論

1. 道路樹 葉中 水溶性 黃 含有量은 0.06-0.07%의 범위를 보였고, 道路左右側에 따른 差는 없는 것으로 判斷이 되었다. 全州-裡里間보다는 裡里-群山間의 試料에 있어서 水溶性 黃 含有量이 더 높게 나타났다. 對照試料 水溶性 黃 含有量이 0.03%인 것에 비하여 2배 以上の 含有濃度를 보여 SO₂ 汚染을 뒷받침 해주었다.
2. 葉中 Pb 含有量은 11.9-34.5ppm의 범위를 보였고, 道路右側試料의 含有量이 左側試料의 含有量보다 높은 것으로 나타났다. 對照區 試料의 Pb 含有量이 낮은 것을 생각하면, 뚜렷한 다른 汚染源이 없는 상황에서 일단 自動車 排氣가스에 의한 Pb 汚染이 생각될 수 있다.
3. 道路邊 왕벚나무 葉中 Cd 含有量은 0.50-0.80ppm의 범위를 보였고, 對照試料의 Cd 含有量 보다 높아서 Cd 汚染이 인정되었다. 특히 裡里-群山間 道路右側의 왕벚나무는 左側의 왕벚나무에 비해서 Cd 含有量이 한결같이 높아 注目 되었다. 그러나 裡里-全州間에 있어서는 이러한 경향이 나타나지 않고 있었다. 이와같은 差異의 原因에 대하여서 더욱 細明 되어져야 할 여지를 남기고 있다.
4. 本 벚나무 道路樹 健康度는 주로 交通에 의한 汚染, 個體에 따른 遺傳的 差異, 그리고 局所 立地의 差等 諸因子의 混合作用의 表出일 것이나 이러한 因子間의 寄與度 또는 相互作用은 장차의 課題로 된다.

引用 文 獻

1. Cha, J.W. and B.W. Kim, 1975. Ecological studies of plants for the control of environmental pollution. IV.-Growth of various plant species as influenced by soil applied cadmium. The Korean J. of botany, 18(1) : 23-30.
2. 竹原秀雄, 1969. 大氣汚染研究 4 : 134.
3. 富谷建三, 1977. アカマツ針葉の伸長と葉中硫黃. 第88回 日林講, 413-414.
4. Hamashina, S. 1974. Relationship between

damage of pine tree and air pollution by sulfur dioxide. Jap.J.Ecology 24(3) : 226-228.

5. 高玄圭·金熙江·현용범, 1986. 대기부유분진중 Pb와 가루수입중 Pb와의 상관성에 관한 연구. 韓國大氣保全學會誌 第2權 第3權 : 11-18.
6. 金炳宇, 1982. 數種植物의 生育에 미치는 重金屬의 影響에 關한 研究 1. Cadmium, Lead의 影響. Korean J.Ecology 5(4) : 176-186.
7. 金在鳳·金東漢·朴在柱·徐廷鉉·鄭淵普·吳在基·姜德姬, 1982. 非汚染地域의 自然植物에 對한 基礎硫黃含量調查研究. 국립환경연구소보 제4 권 : 299-310.
8. 金在鳳·朴在柱·金東漢·吳在基·姜德姬·南惠玉·辛承極·金貞圭·裴貞伍, 1986. 大氣汚染이 植物에 미치는 影響에 關한 實驗的研究-SO₂가스를 中心으로 국립환경연구소보 제6 권 : 271-287.
9. 金在鳳·裴貞伍·高康錫·金貞圭·朴在柱·智俊誠·李景宰·朴仁協, 1986. 都市綠化樹의 耐煙性에 關한 研究(II). 국립호나경연구원보 제8 권 : 317-329.
10. 李美淳·李瑞來, 1975. 大氣汚染物質과 植物環境 —亞黃酸에 의한 影響을 中心으로— Korean Jour. Botany Vol.18, No.2 : 45-52.
11. 徐丙台·金珍坤·李光國·丁 權·申載英·朴相賢, 1986. 서울시內 街路樹의 水溶性 硫黃含量 調查研究(第二報). 서울特別市 保健環境研究院報 第22卷 : 194-200.
12. 千葉成, 1973. 不良環境下 綠化 關係 研究 (II), 主要 綠化樹木 時間別 耐性化較, 第34回 日林講, 410-413.
13. Thomas, M.O., R.H. Hendricks, and G.R. Hill. 1950. Effect of Sulfer dioxide on vegetation. Ind. Eng. chem. 42 : 2231-2235.
14. 任慶彬·金泰旭·權琦遠·李景宰·鄭永浩·李中吉, 1979. 環境汚染이 都市樹木의 生育에 미치는 影響(I). Bull. of Seoul Natl Univ. Forests No.15 : 80-102.
15. 作物分析法委員會編. 1983. 栽培植物分析測定法. 養賢堂. 東京. 63-69.
16. 環境廳告示, 1981. 第81-2號 公害公定試驗法, 高文社.