

서울市內 街路樹의 水溶性 硫黃含量 調查研究(第二報)

大氣保全科

徐丙台 · 金珍坤 · 李光國 · 丁 權 · 申載英 · 朴相賢

“Studies on the Contents of Soluble Sulfur in the Leaves of the Roadside Tree of Seoul Area”

Air Preservation Division

**Byung Tae Seo, Jin Gon Kim, Kwang Kuk Lee, Kweon Jung,
Jai Young Shin, and Sang Hyun Park**

—Abstract—

This study was carried out to measure the content of soluble sulfur at 35 sampling sites in the leaves of roadside tree of Seoul area during the September 8 to September 28, 1986.

The results were as follows:

1. Contents of Soluble Sulfur at all sampling Sites were showed as the following order:
 - 1) Salix dependens
 - 2) Ginkgobiloba
 - 3) Platanus orientali
 - 4) Pinus densiflora
2. The species of Salix dependens, Ginkgobiloba have the high ability to decrease air pollution.
3. The Sulfur contents of industrial and Commercial area showed remarkable higher value than those of the leaves at green belt area.
4. Correlation between SO₂ Concentration and Sulfur Content of Platanus O and Salix dependens was showed each $r=0.919$ and $r=0.746$.

緒 論

最近 우리나라에서는急速한 産業經濟發展에 수반해 서 특히 석유화학 계통 燃料의 소비가 급증함에 따라 亞黃酸은 大都市와 工業地帶에 널리 分布하는 汚染物 質로서 注目을 끌고 있다.

都市와 가로수에 對한 피해도 複合오염의 영향 및 各種 汚染物質에 對하여 研究가 되어야 할 것이다. 이들 汚染物質에서는 亞黃酸가스가 도시 오염물질의 主軸을 이루고 있으며 그 排出量으로 볼때 가장 主要한 오염 물질로 취급되어진다. 도시내 大氣中 亞黃酸가스와 樹 木被害와의 관계는 都市內 어떤 工場 등에서 突發의인 사고 이외에는 일반적으로 比較的 低濃度의 長期間에

걸친 影響이므로 都市內 樹木 被害는 慢性的 被害 즉 亞黃酸가스가 植物體에 吸收蓄積되어 葉의 變色을 일 으키는 경우 등이 있는데 일반적으로 亞黃酸가스에 의 한 植物피해는 그 발생 과정으로 보아서 可視의 被害 와 不可視의 被害로 나눈다. 可視의 被害는 高濃度의 가스에 依해서 短時間에 나타나는 急激한피해 즉 急性 害와^{14,15)} 이에 대하여 低濃度의 長時間에 걸친 영향으 로서 서서히 일어나는 被害 즉 慢性害로 나누어 생각 할수 있다. 이 두가지의 피해양상은¹⁶⁾ 亞黃酸가스와 樹木의 관계에만 支配되는 것이 아니라 이들 둘러싼 여러가지 要因에 크게 支配되며 葉內 유황함량은 만성 적 피해에서 현저한 差異를 나타내며 급성적 피해의 경우에는 그차가 현저하지 않다. 즉 만성적 피해에서 는¹⁷⁾ 대기중의 아황산가스의 농도가 비록 低濃度 이기

는 하지만 植物體가 枯死 낙엽되지 않고 계속 吸收 축적되기 때문이며 急性被害에서는 高濃度의 가스가 短時間內에 급격히 植物體를 刺戟하여 피해를 주기 때문에 植物體內에 吸收 축적되는 量은 오히려 적다. 아황산가스의 毒性은 가스 自體의 濃度와 접촉시간에 依해서 決定된다. 大氣中 汚染物質은 氣體狀 物質과 固體狀 物質로 區分되며 氣體狀 物質은

- 1) O_3 , PAN, NO_2 等 酸化의 作用物質
- 2) SO_3 , H_2O , CO 等 環元의 作用物質
- 3) HF HCl 等과 같은 酸性被害를 일으키는 物質로 나눌 수 있으며 固體狀物質은 粉塵 煙霧와 Cd, Cr, Pb 等과 같은 有害 金屬物이나 그 酸化物을 들 수 있다.¹⁾ 이 中에서 아황산가스는 대기오염을 일으키는 가장 重要한 要因物質로 알려져 있다. 世界 여러나라에서는 아황산가스의 環境基準을 設定하고 있으며 우리나라에서도 環境保全法에 SO_2 의 環境基準을 年間平均치 0.05 ppm이하로 規定하고 있다.²⁾ 各國은 증가되는 도시의 大氣汚染을 줄이기 위하여 여러가지 對策이 마련되고 있다. 發生源에서의 汚染物 排出減少를 위하여 低硫黃油의 使用과 都市가스 및 核燃料등으로 燃料轉換과 함께 化學的 防制방법이 開發되고 있으며 植物體를 利用한 造林에 依한 環境的 改善方法이 活潑하게 研究되고 있다. 高橋^{3,4)} 千葉⁵⁾ 등은 公園에 植栽된 樹木에 依하여 都市의 空氣가 淨化된다고 報告하였고 Pilot⁶⁾도 스웨덴의 로랑느市の 대기오염농도가 유럽 他都市보다

낮은 理由는 樹木과 草木類의 오염물 吸着이 크게 기여하고 있다고 發表하였으며 Thomas Hill⁷⁾과 松島⁸⁾는 植物이 大氣中의 SO_2 를 吸收한다고 報告한 바 있다. 植物體內의 硫黃分은 大氣中에서 吸收한 水溶性 硫黃과 뿌리에서 吸收한 不溶性 硫黃의 形態로 存在한다. 大氣中의 亞黃酸가스는 植物體와 接觸하는 時間이 길면 길수록 또는 濃度가 높으면 높을수록 植物葉內에 蓄積되는 硫黃分의 含量이 많아지지만 樹種에 따라 吸收能에는 多少의 差異가 있다는 報告가 있었다.⁹⁾ 本調査는 88올림픽대회를 앞두고 서울의 大氣汚染을 軽減시킬 수 있는 方案의 一環으로 서울市 일원에 植栽된 各種 街路樹葉의 葉內 水溶性 硫黃의 含量을 調査함으로서 都市 樹木의 大氣汚染에 依한 被害와 人間生活環境의 汚染度를 生物學的 方法에 依하여 積算하므로 汚染程度의 개략的인 推定이 可能하겠기에 都市環境改善의 基礎資料를 提供코져 實施하였다.

調査對象 및 期間

1. 調査對象

서울市內 35個 지점을 綠地地域, 住居地域, 商業地域 工業地域으로 구분하여 試料를 채취하였고 樹種의 선택은 現在 서울市에서 街路樹木으로 가장 많이 植栽되어 있는 은행나무, 버즘나무, 소나무, 개수양버들을 선택하였다. 調査地點 및 樹種의 分類는 Fig.1과 Table

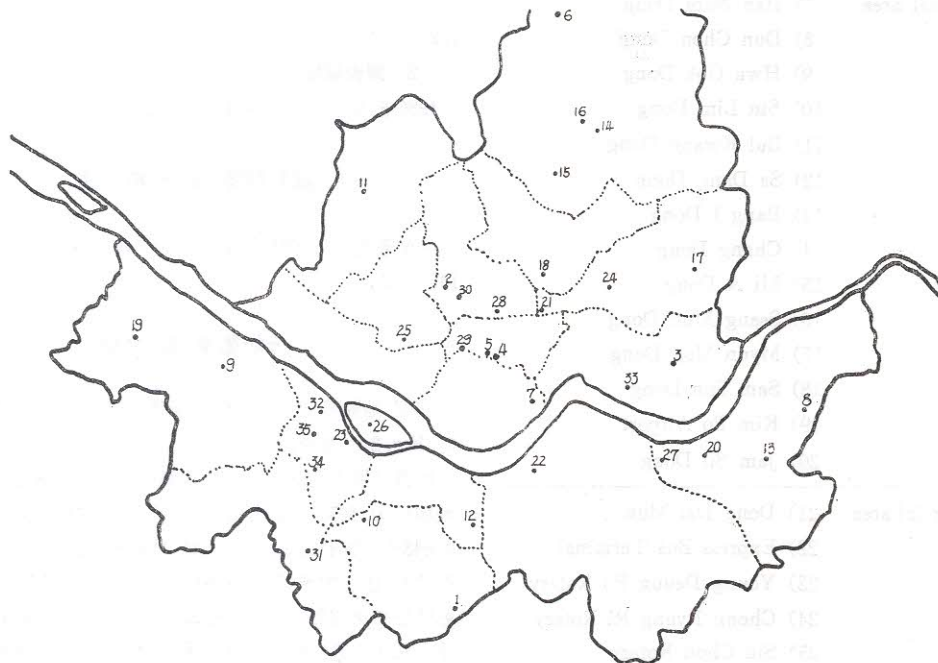


Fig. 1. Sampling sites

Table 1. Classification of species

亞 綱	目	科	種
毬果植物亞綱 (Coniferophytae)	銀 杏 (Kinkgoales)	銀 杏 나 무 (Ginkgoaceae)	銀 杏 나 무 (Ginkgobiloba)
	毬 果 (Coniferales)	소 나 무 (Pinaceae)	소 나 무 (Pinus densiflora) 리기다 소나무 (Pinus rigida)
雙子葉植物亞綱 (Dicotyledoneae)	장 미 (Rosales)	버 즘 나 무 (Platanaceae)	버 즘 나 무 (Platanus orientali)
	버 드 나 무 (Salicales)	버 드 나 무 (Salicaceae)	버 드 나 무 (Salix Koreensis) 은 사 시 나 무 (Populus tomentigland ulosa) 개 수 양 버 들 (Salix dependens)

Table 2. Region and sampling sites

Region	Sampling Sites
Green belt area	1) Kwan Ak Mt.
	2) Sa Jik Park
	3) Children great Park
	4) Nam San Mt.
	5) Nam San Library
	6) Do Bong Mt.
Residential area	7) Han Nam Dong
	8) Dun Chon Dong
	9) Hwa Gok Dong
	10) Sin Lim Dong
	11) Bul Kwang Dong
	12) Sa Dang Dong
	13) Bang I Dong
	14) Chang Dong
	15) Mi A Dong
	16) Ssang Mun Dong
	17) Myun Mog Dong
	18) Sam Sun Dong
	19) Kim Po Airport
	20) Jam Sil Dong
Commercial area	21) Dong Dai Mun
	22) Express Bus Terminal
	23) Young Deung Po Rotary
	24) Chong Ryang Ri Rotary
	25) Sin Chon Rotary
	26) Yo I Do

27) Jam Sil Sports Com.

28) Pa Go Da Park

29) Seoul Station

30) Kwang Hwa Mun

Industrial area

31) Gu Ro Gong Dan

32) Dang San Dong

33) Sung Su Dong

34) Sin Do Rim Dong

35) Yang Nam Dong

1, 2와 같다.

2. 調査期間

1986년 9월 8일~1986년 9월 28일

試料採取 및 分析方法

서울특별시 保健環境研究所報 第21卷(1985년도) p. 143 참조.

分析結果 및 考察

35個 地點에 對한 水溶性 硫黃의 分析結果는 Table 3 과 Fig. 2와 같다.

버즘나무 : Table 3에서 地域別로 比較해 보면 綠地 地域이 0.445±0.119%로 가장 낮았고, 商業地域이 0.548±0.064%로 가장 높게 나타났다. 35개 조사지점 중에서 住居地域인 미아동이 0.684%, 신림동 0.645%, 한남동 0.633% 順으로 높으며 가장 낮은 地域은 면목 동으로 0.301%이며, 방이동 0.308%, 사직공원 0.312 % 등이었다. 住居地域이라도 교통량이 폭주되는 地點

Table 3. Soluble sulfur content of leaves in Seoul area by species and sampling sites.

Sampling sites		Kind of Species						SO ₂ content by monitoring system(ppm)
		Platanus	Ginkgo	Salix D	Pinus	Populus tom.	Salix Ko.	
Green belt area	Kwan Ak Mt.	0.405	—	—	0.245	0.312	—	0.013
	Sa Jik Park	0.312	0.595	0.710	0.215	—	—	—
	Children Great Park	0.481	0.655	—	—	—	—	0.017
	Nam San Mt.	0.657	—	0.655	0.223	—	—	—
	Nam San Library	—	0.465	—	0.317	—	—	—
	Do Bong Mt.	0.372	0.516	—	0.292	—	0.479	0.004
	Mean±SD	0.445 ±0.119	0.558 ±0.072	0.683 ±0.028	0.259 ±0.40	—	0.479	—
Residential area	Han Nam Dong	0.633	0.644	—	—	—	—	0.040
	Dun Chon Dong	0.403	0.693	—	—	—	—	—
	Hwa Gok Dong	0.468	0.608	0.624	—	—	—	—
	Sin Lim Dong	0.473	—	0.842	—	—	—	0.013
	Bul Gwang Dong	—	0.637	0.641	0.132	—	—	0.016
	Sa Dang Dong	0.474	—	0.761	—	—	—	0.016
	Bang I Dong	0.308	0.220	—	—	—	—	—
	Chang Dong	0.625	—	0.486	—	—	—	—
	Mi A Dong	0.684	—	0.833	—	—	—	—
	Ssang Mun Dong	—	0.514	0.761	—	—	—	—
	Myun Mog Dong	0.301	—	0.614	—	—	—	—
	Sam Sung Dong	0.400	0.813	0.560	—	—	—	0.011
	Kim Po Airport	—	0.558	0.593	—	—	—	—
	Jam Sil Dong	0.426	—	—	—	—	—	0.018
Mean±SD	0.472 ±0.121	0.586 ±0.162	0.671 ±0.115	0.132	—	—	—	
Commercial area	Dong Dai Mum	0.453	0.823	—	—	—	—	—
	Express Bus Terminal	0.527	0.499	0.865	—	—	—	0.022
	Young Deung Po Rotary	0.584	0.626	—	—	—	—	—
	Chong Ryang Ri Rotary	0.624	0.522	—	—	—	—	—
	Sin Chon Rotary	0.562	0.679	—	—	—	—	—
	Yŏ I Do	0.606	0.618	0.629	—	—	—	—
	Jam Sil Sports Com.	0.457	0.545	0.566	—	—	—	—
	Pa Go Da Park	—	0.909	—	0.185	—	—	—
	Seoul Station	—	0.590	—	—	—	—	—
	Kwang Hwa Mun	—	0.603	—	—	—	—	—
Mean±SD	0.548 ±0.064	0.641 ±0.124	0.687 ±0.129	0.185	—	—	—	
Industrial area	Gu Ro Gong Dan	0.470	0.767	0.919	—	—	—	0.024
	Dang San Dong	0.481	0.556	0.692	—	0.420	—	—
	Sung Su Dong	0.396	—	0.697	—	—	—	—
	Sin Do Rim Dong	0.645	—	—	—	—	—	—
	Yang Nam Dong	0.389	—	—	—	0.515	—	—
	Mean±SD	0.476 ±0.092	0.662 ±0.105	0.769 ±0.106	—	0.467 ±0.047	—	—

* Unit.: %

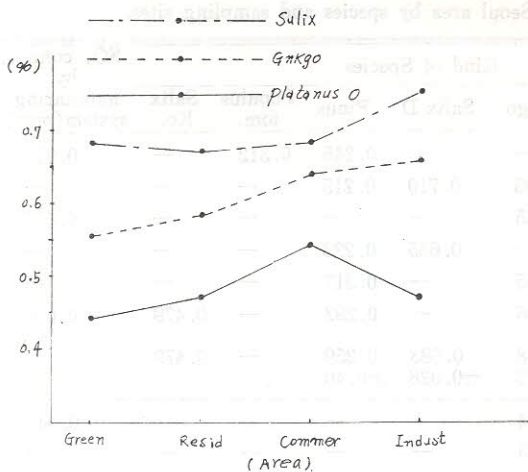


Fig. 2. Comparison of sulfur content in region and species

등은 調査地點中 最高의 濃度를 보였다. 또한 住居地域 平均値 $0.472 \pm 0.121\%$ 와 工業地域 平均値 $0.476 \pm 0.092\%$ 는 別차이가 없었다. 그러나 全地域이 綠地域보다 높은 結果를 보였다. 金¹²⁾이 서울에서 實施한 總유황 含量조사에서는 商業地域이 住居地域이나 工業地域에서 보다 높은 結果를 보인 것과 일치 하였다. 또한 1985년 지역 및 농도와 비교하면 전지역 공히 0.110~0.220%가 높았다. 버즘나무는 은행나무와 같이 황산화물의 흡수가 크기 때문에 都市 大氣汚染의 低減策으로 植樹할 수 있는 街路樹種으로 적합한 樹種이라 할 수 있다.

은행나무 : Table 3에서 地域別로 보면 綠地域이 $0.558 \pm 0.072\%$ 로 가장 낮았으며, 住居地域은 $0.586 \pm 0.162\%$, 商業地域은 $0.641 \pm 0.124\%$ 이며, 工業地域은 $0.662 \pm 0.105\%$ 로서 地域中 가장 높게 나타났다. 이는 1985년 우리 연구소 조사 지점中 最高值인 商業地域의 平均値 0.3448 ± 0.0687 보다 全地域이 상회하였다. 全體 地點中에서 가장 높은 지점은 상업지역인 파고다공원 주변이 0.909%, 동대문 0.823%로 높게 나타났는데 이는 1985년 조사지점中 최고 지점인 동대문의 0.856%와 비슷한 농도이다. 이들 지점의 고농도는 都心의 극심한 교통량이 그 主要原因이라고 본다.

또한 가장 낮은지점은 주거지역의 방이동이 0.220%로 最高值와는 4배의 차이를 보였다. 이는 교통량이 적고 주변에 야산등 쾌적한 환경의 영향 때문인 것으로 본다. 千⁵⁾ 高橋는 도심과 교외에서 자란 가로수의 피해를 조사하여 대기中の SO_2 의 농도가 높은 地域일 수록 葉中の 硫黃含量이 많음을 밝혔으며, 같은 SO_2 의 濃度中에서도 被害의 정도는 品種의 個體樹齡 및 토양

조건에 따라서 달라질 수도 있고 잎의 크기에도 영향을 받는다고 하였다. 은행나무는 對照葉 自體뿐만 아니라 葉의 吸收가 많은 樹木으로 알려져 있다.^{11,12)} 金이 서울시일원에서 조사한 가로수목의 總유황 含量 조사와 비교해 볼때 本 調査에서 나타난 水溶性 硫黃의 含量은 훨씬 낮게 測定되었다. 이는 總유황분중에서 水溶性분만 測定된 結果로 思料된다. 趙¹⁷⁾ 등이 仁川地域에서 9月中에 實施한 水溶性 硫黃 含量과 比較할때 全體적으로 낮은 結果를 보였다. 全體 地點을 比較해 볼때 대조 지역 보다는 全地點에서 높게 나타났으며 같은 地域에서도 葉의 含量이 多少 差異가 있는 것은 그 지역의 大氣中 亞황산가스의 濃도의 差異도 있겠으나 樹種 個體間의 差異도 있을 것으로 思料된다.

개수양버들 : 住居地域이 $0.671 \pm 0.115\%$ 로 가장 낮았으며, 다음이 녹지지역 $0.683 \pm 0.028\%$, 상업지역 $0.687 \pm 0.129\%$, 공업지역이 $0.769 \pm 0.106\%$ 순이다. 공업지역을 제외한 녹지 주거 상업지역은 $0.683 \pm 0.028\%$, $0.671 \pm 0.115\%$, $0.687 \pm 0.129\%$ 로 비슷한 농도이며 18個 조사 지점中 구로공단지점이 0.919%로 가장 높고, 다음 고속버스터미널 0.865%, 신림동 0.842%, 미아동 0.842% 순이다. 이는 1985년 최고농도인 구로동 0.4869%와 비교하면 0.4%나 높은 수치이다. 또한 낮은 지점은 창동 0.4486%, 삼성동 0.560%, 김포공항 0.593% 등이다. 개수양버들은 시내 큰 가로변에는 많이 식재되어 있지않고 도로변에서 다소 떨어진 지역에 식재되어 있으나 버드나무나 버즘나무보다 높은 수치를 보이고 있어 봄철 꽃가루 비산 현상으로 보건 위생상 문제가 대두되고 있지만 淨化樹木으로는 價値가 매우 크다.

소나무 : 綠地域은 $0.259 \pm 0.040\%$ 이며, 全體 地點中 남산도서관 0.317%가 가장 높게 나타났고, 불광동 0.132%, 파고다공원 0.185%로 나타났다. 소나무는 조사 樹種中 比較的 낮은 含量을 보였다. 따라서 소나무는 大氣汚染의 淨化樹木으로는 적당하지 않은 것으로 생각된다. 各 樹種間의 水溶性 硫黃分 含量의 地域別 比較는 Fig.2와 같다. 調査結果 全지역을 통하여 수용성 葉의 含量은 개수양버들, 은행나무, 버즘나무 順으로 나타났다. 地域別로는 공업지역과 상업지역이 높은 結果를 보였으며, 다음이 주거지역이었고, 녹지지역이 가장 낮았다. 은사시나무와 버드나무는 35개 地點中 4個지점에서만 채취가능 했는데, 은사시나무는 관악산 0.312%, 당산동 0.420%, 양남동 0.515%, 이며 버드나무는 도봉산 지점이 0.479%로 나타났다. 같은 지역이라도 植栽되어 있는 位置 및 교통량등 환경조건이 작용 되었을 것으로 생각 되나 全體적으로 버즘

Table 4. Correlation between SO₂ concentration and soluble sulfur content of species.

Kind of Species	r	Y=ax+b
Salix D	0.746	Y=20.531x+0.416
Platanus	0.919	Y= 7.132x+0.399

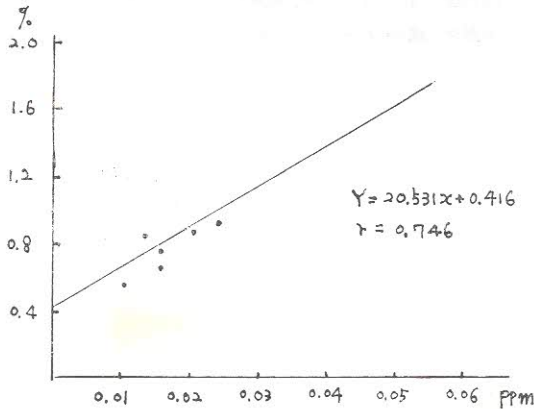


Fig. 3. Correlation between SO₂ concentration and soluble sulfur content of salix D

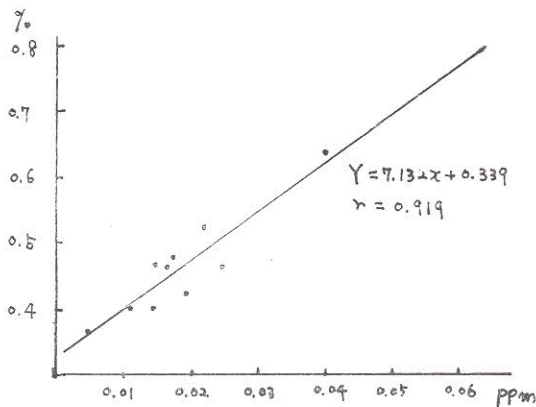


Fig. 4. Correlation between SO₂ concentration and soluble sulfur content of Platanus

나무의 함량이 낮고 개수양버들이 높았다.

Table 4와 Fig. 3, 4는 서울시 일원에 設置한 大氣汚染 測定器(Monitoring System)에 依하여 9月中 그 地域의 大氣中 아황산가스의 平均濃도와 버즘나무, 개수양버들의 수용성 유황함량과의 相關關係를 조사한 것이다. 버즘나무에서는 大氣中 亞硫酸가스 濃도와 水溶性 硫黃분과의 상관관계는 r=0.919로 높은 상관성을 보였으며 개수양버들은 r=0.746으로 높지는 않았으나 상관성을 인정할 수 있었다. 따라서 街路樹木의 수용성 유황함량은 大氣中 아황산가스의 오염농도와 相關성을 가지고 있는 것으로 사료된다.

結 論

서울市內 일원에 植栽된 街路樹種中에서 몇 種類를 선택하여 地域別로 區分하고 35個 地點에서 1986年 9月 8日부터 9月 30日까지 試料를 채취하여 水溶性 硫黃分 含量을 分析한 결과 아래와 같은 結論을 얻었다.

1. 樹種別 水溶性 硫黃의 含量은 全地域 共히 개수양버들>은행나무>버즘나무의 順이었다.

2. 개수양버들 은행나무 버즘나무는 硫黃分의 흡수 능력이 우수하여 대기오염의 淨化수목으로 가치가 인정된다.

3. 地域的으로는 상업지역(개수양버들 0.687% 은행나무 0.641% 버즘나무 0.548%)과 공업지역(개수양버들 0.769% 은행나무 0.662% 버즘나무 0.476%)이 높은 수치를 보였고, 녹지지역(개수양버들 0.683% 은행나무 0.558% 버즘나무 0.445%)과 주거지역(개수양버들 0.671% 은행나무 0.586% 버즘나무 0.472%)은 낮은 수치를 보였다.

4. 各地域의 大氣汚染狀態와 樹種間의 水溶性 硫黃分과의 관계에서 버즘나무 및 개수양버들은 各各 r=0.919, r=0.746의 相關성을 나타냈다.

參 考 文 獻

1. 岡山縣農業試驗場：農作物公害對策試驗，農業試驗報告 pp.30-40 (1968).
2. 環境廳告示：第81-2號 公害公定試驗法 高文社 (1981).
3. 高橋理喜男：大氣汚染の植物に及ぼす影響調査報告書，大阪市公害對策部 pp.71-92 (1967).
4. 高橋理喜男：大阪地方における各種樹木の葉中硫黃含量と大氣中の亞硫酸ガス濃度との關係造園雜誌 32:3 pp.14-18 (1968).
5. 千葉修：大氣汚染による樹木の被害，植物防疫 24:12 (1970).
6. Pilet, P.E.: Un pollutant Atmosheraique L'anhydride Sulfureux, Pollution Atmos 14:55 (1972).
7. Thomas, M.P. and Hill, G.R.: Plant Phsiol 12: 285 (1937).
8. 松島二良：果樹の亞硫酸ガス | する | |, 日園學誌 35:3 (1966).
9. 竹原秀雄：大氣汚染研究 4:134 (1969).
10. 作物分析法委員會編：栽培植物分析測定法，養賢堂 東京 (1983).

11. 金泰旭：大氣汚染이 造景樹木의 生育에 미치는 影響, 韓林誌 29:pp.20-53 (1976).
12. 金文洪：樹木에 對한 大氣汚染의 影響에 關한 研究, 韓國造景學會誌 3:15-20 (1974).
13. 李昌福：大韓植物圖鑑, 香文社 (1982).
14. Thomas, M.O., R.H. Hendricks, and G.R. Hill: Effect of Sulfur dioxide on Vegetation. *Ind. Eng. Chem.* 42:2231-2235 (1950).
15. Thomas, M.D.: *Ann. Rev. Plant Physiol.* 2:293 (1951).
16. Stoklasa, J.: Die Beschädigung der vegetation durch Rauchgase und Fabriks exhalationen. *Urban und Schwartzberg.* Berlin. (1923).
17. 趙南奎：街路樹의 樹木葉中 水溶性 硫黃 및 鉛含有量에 關한 研究, 仁川保健研究所報 1 (1985).

論文發表