

서울市內 街路樹의 水溶性 硫黃含量 調査研究(第四報)

大氣保全科

丁 權·韓基榮·孫進鑑·金麟泰·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

Kwon Chung, Ki Young Han, Jin Ho Son, Lin-Tae Kim
Jaai-Young Shin, Sang Hyun Park

=Abstract=

This study was carried out to measure the contents of soluble sulfur in the leaves of roadside tree at 34 sampling sites in seoul area from 1 Sep. to 30 Sep. 1988.

The results were as follows:

1. Contents of soluble sulfur at all sampling sites were; *Platanus orientali* 0.232~0.732%. *Ginkgobiloba* 0.447~1.07%, *Salixdependens* 0.531~0.980, *Pinus densiflora* 0.154~0.261%.
2. The sulfur contents of industrial and commercial area were remarkably higher than those of green belt area, the order of soluble sulfur contents at green belt and Industrial area was as follows; *Salixdependens*>*Ginkgobiloba*>*Platanus orientali*, Residential and commercial area was as follows: *Ginkgobiloba*>*Salixdependens*>*Platanusorientali*.
3. Correlations between SO₂ concentration and sulfur content of platanuand Ginkgo. *Salix* were of no significance.

緒論

產業이 發達하고 人口의 增加, 경제의 高度成長 및 社會發展 等과 같은 文明化, 工業化 및 都市化에 따라 가정과 산업장 및 차량 등으로부터 排出되는 大氣污染 物質은 人間을 포함한 동물 뿐아니라 樹木 등의 植物에게로 직접 또는 간접으로 많은 피해를 주고 있는 것 이 현실정이다.

大氣污染 物質中 人體에 有害한 物質로서 중요시 되는 것중의 하나인 아황산가스가 식물에 미치는 영향은 장기간 연구되어 왔는데^{2,4)} 감귤류 나무의 落葉現象 소나무의 生長減少 곡물의 生長量減少 채소의 피해 등이 그 重要한 現象이다. 서금치 배추 그리고 잎이 넓은 채소들이 가장 아황산가스에 민감하며 목화도 아황산가스에 민감한 것으로 나타났다. 이렇게 大氣污染物

은 植物의 잎에 害를 가하는데 植物이 일단 아황산가스와 접촉하면 잎 뒤쪽 표피 밀의 세포가 피해를 입기 시작하고 계속해서 아황산가스와 접하게 되면 內部의 細胞가 害를 입게 되며 結果的으로 잎 全體에 影響이 미치게 되어 細胞가 죽게 되는데 이렇게 세포가 죽은 부분은 시들어 脱色되어 황갈색을 띠게 되는 것이다.¹⁾ 世界 여러나라에서는 아황산가스의 환경기준을 設定하고 있으며 우리나라에서도 환경보전법에 아황산가스의 환경기준을 연간 평균치 0.05ppm 이하로 規定하고 있다.³⁾ 각국은 증가되는 都市의 大氣污染을 줄이기 위하여 여러가지 對策이 마련되고 있다. 發生源에서의 汚染物排出減少를 위하여 低流黃油의 使用과 都市가스 및 核燃料 等으로 燃料轉換과 함께 化學的 防止 方法이 開發되고 있으며 植物體를 利用한 造林에 依한 環境의 改善方法이 活發하게 研究되고 있다. 高橋^{4,5)} 千葉⁶⁾ 等은 公園에 植栽된 樹木에 依하여 都市의 空氣가

淨化된다고 報告하였고 Pilot⁷⁾도 스위스의 로랑느市의 大氣污染濃度가 유럽 他都市보다 낮은 理由는 樹木과 草木類의 汚染物 吸着이 크게 기여하고 있다고 發表하였으며 Thomas Hill⁸⁾과 松島⁹⁾는 植物이 大氣中의 SO₂를 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 아황산ガス는 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.¹⁰⁾ 우리나라에서는 金¹¹⁾은 인공 산성우가 처리된 盆植한 은행나무 幼苗의 生長과 생리적 特性에 대하여 김 등¹²⁾은 가로수의 수용성유황 및

중금속 함량을 조사하였고 대기오염물질에 대한 식물들의 반응¹³⁾이 연구되고 있는 바 본 調査는 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함으로써 都市街路樹木이 大氣污染에 의한被害와 程度의 基礎資料를 얻고자 實施하였다.

實驗 및 方法

1. 調査對象

조사대상地點 및 地域구분은 Fig. 1 및 Table 1과 같이 서울市內 34個 지점을 綠地地域, 住居地域, 商業地域, 工業地域으로 구분하여 病蟲害가 없는 成葉으로 각 地點에서 2株 以上을 선정하여 지상 2.5~3m 높이

Table 1. Region and Sampling sites

| Region | No. Sampling sites | Region | No. Sampling sites |
|------------------|--|-----------------|--|
| Green belt area | 1) Kwan Ak Mt 2) Sa Jik Park 3) Children Great Park 4) Nam San Mt 5) Do Bong Mt | | 18) Kim Po Airport 19) Jam Sil Dong |
| Residential area | 6) Han Nam Dong 7) Dun Chon Dong 8) Hwa Gok Dong 9) Sin Lim Dong 10) Bul Gwang Dong 11) Sa Dang Dong 12) Bang I Dong 13) Chang Dong 14) Mi A Dong 15) Ssang Mun Dong 16) Myun Mog Dong 17) Sam Sun Dong | Commerical area | 20) Dong Dai Mun 21) Express Bus Terminal 22) Young Deung Po Rotary 23) Chong Ryang Ri Rotary 24) Sin Chon Rotary 25) Yo I Do 26) Jam Sil Sports Com 27) Pa Go Da Park 28) Seoul Station |
| | | Industrial area | 29) Kwang Hwa Mun 30) Gu Ro Gong Dan 31) Dang San Dong 32) Sung Su Dong 33) Sin Do Rim Dong 34) Yang Nam Dong |

Table 2. Classification of species

| 亞 紺 | 目 | 科 | 種 |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 裸果植物亞綱 (Coniferophytae) | 銀杏 (Kinkgoales) | 銀杏나무 (Ginkgoaceae) | 銀杏나무 (Ginkgobiloba) |
| | 松果 (Coniferales) | 소나무 (Pinaceae) | 소나무 (Pinus densiflora) |
| 雙子葉植物亞綱 (Dicotyledoneae) | 장미 (Rosales) | 비름나무 (Platanaceae) | 비름나무 (Platanus Orientalis) |
| | 베드나무 (Salicales) | 베드나무 (Salicaceae) | 개수양 베들 (Salix dependens) |

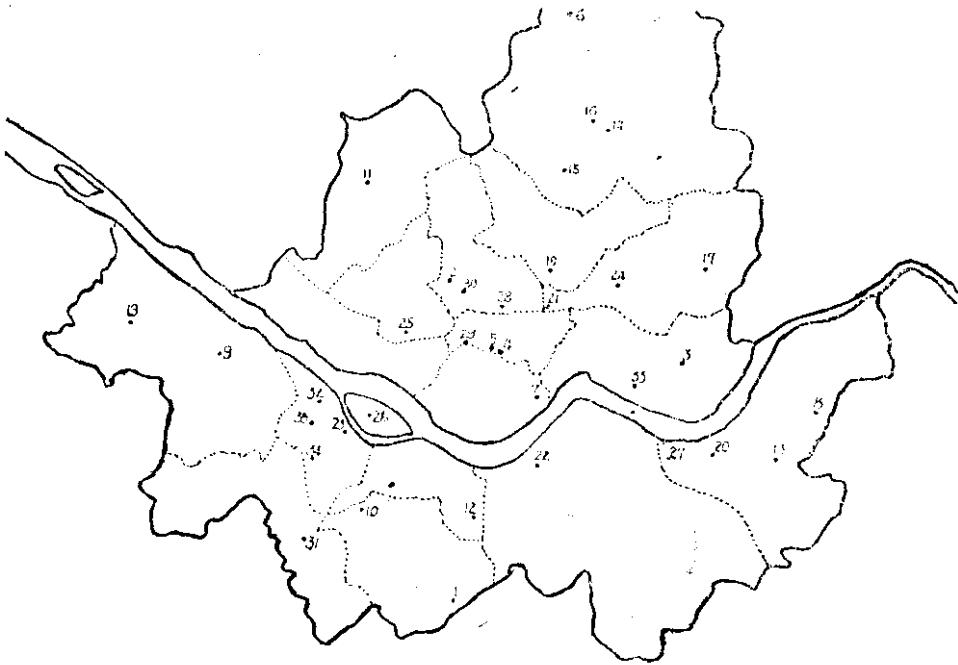


Fig. 1. Sampling sites.

것을 200~400g씩 채취 하였고 수종의 선택은 현재 서울시에 가로수로 植栽되어 있는 은행나무, 개수양버들 버즘나무(푸라타나스)와 소나무를 택하였는데 수종의 분류는 Table 2와 같다.

2. 實驗方法

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

結果 및 考察

34個 地點에 대한 水溶性 硫黃의 樹種別 分析結果는 Table 3과 같다.

버즘나무 : 일명 푸라타나스는 地域別로 比較하면 緑地地域이 $0.348 \pm 0.123\%$ 로 가장 낮았고 工業地域이 $0.49 \pm 0.146\%$ 로 높게 나타났다. 34個 조사지점 중에서 성수동이 0.732%, 잠실운동장이 0.578%, 삼성동이 0.535%로 비교적 높았으며 가장 낮은 지점은 관악산으로 0.232%이며 사직공원(0.240%)과 둔촌동(0.307%)도 낮은 지점이었다. 평균치로 보아 緑地地域은 $0.348 \pm 0.123\%$ 로 가장 낮았고 住居地域 및 상업지역은 0.424%, 0.434%로 비슷하였다. 공업지역은 0.429%로 다소 높게 나타났다. 또한 1987년과 비교하여 보면 住居地域, 상업지역, 공업지역 공히 $0.006\% \sim 0.101\%$

가 낮아진 반면 住居地域에서는 0.035%가 높아졌다. 그러한 理由는 밝히지 못하였으나 자동차 배기 가스의 증가와 아황산가스 등의 여러 가지 오염물질과 고지역의 공기의 流動狀態가 크게 관계되는 것으로 推測된다.

버즘나무는 은행나무와 같이 황산화물의 흡수가 크기 때문에 都市 大氣汚染의 저감책으로 植樹할 수 있는 街路樹로 적합한 樹種으로 알려져 있다.^{13,14)}

은행나무 : Table 3에서 地域別로 보면 住居地域이 $0.612 \pm 0.226\%$ 로 가장 낮았으며 住居地域은 0.711 ± 0.107 , 工業地域은 $0.727 \pm 0.0021\%$ 이며, 商業地域이 0.790 ± 0.149 로 가장 높게 나타났다. 이는 1987년 우리 연구원 調査值보다 평균 $0.084\% \sim 0.193\%$ 가 높아졌다. 전체지점 중 가장 높은 지점은 운동장으로 1.07%이며 사직공원 0.993%, 불광동 0.894%의 순이었다. 이는 1987년 까지만 해도 비교적 낮은 수치를 나타낸 잠실운동장과 1986년도부터 계속 높은 수치를 나타낸 파고다공원은 都心의 심한 교통량이 그 主原因이라고 본다. 또한 가장 낮은 지점은 緑地地域의 관악산이 0.447%로 비교적 낮은 농도치를 나타냈다. 이는 교통량이 적고 산림 등 환경의 영향 때문인 것으로 본다.

千¹⁴⁾ 高橋¹⁴⁾은 도심과 교외에서 가로수의 피해를 조사하여 대기中の SO_2 의 농도가 높은 地域일수록 葉中の 硫黃含量이 많음을 밝혔으며 같은 SO_2 의 농도 中에서

Table 3. Soluble sulfur content of leaves in seoul area by Species and Sampling sites.

| Region | Sampling site | Kind of Species (unit : %) | | | | SO ₂ Content by monitoring system(ppm) |
|------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| | | Platanus | Gin Kgo | Salix Ko | Pinus | |
| Green belt area | Kwan Ak Mt | 0.232 | 0.447 | 0.674 | 0.176 | 0.121 |
| | Sa Jik Park | 0.240 | 0.993 | 0.702 | 0.154 | 0.392 |
| | Children Grent Park | 0.512 | 0.503 | 0.599 | 0.247 | 0.289 |
| | Nam San Mt | 0.436 | 0.645 | 0.662 | 0.201 | — |
| | Do Bong Mt | 0.319 | 0.472 | 0.657 | 0.202 | 0.090 |
| | Mean±SD | 0.348 ±0.123 | 0.612 ±0.226 | 0.659 ±0.038 | 0.196 ±0.035 | 0.223 ±0.143 |
| Residential area | Han Nam Dong | 0.312 | 0.657 | 0.665 | — | 0.513 |
| | Dun Chon Dong | 0.307 | 0.844 | — | — | 0.495 |
| | Hwa Gok Dong | 0.426 | 0.677 | — | — | 0.541 |
| | Sin Lim Dong | 0.413 | — | — | — | — |
| | Bul Gwang Dong | 0.442 | 0.894 | — | — | — |
| | Sa Dang Dong | 0.348 | — | — | — | 0.625 |
| | Bang I Dong | 0.495 | 0.589 | — | — | 0.317 |
| | Chang Dong | 0.506 | 0.691 | — | — | 0.803 |
| | Mi A Dong | 0.487 | — | 0.717 | — | — |
| | Ssang Mun Dong | 0.318 | 0.797 | 0.980 | 0.261 | — |
| | Myun Mog | — | — | 0.625 | — | 0.242 |
| | Sam Sun Dong | 0.535 | 0.612 | 0.664 | — | 1.018 |
| | Kim Po Airport | 0.391 | 0.596 | 0.531 | — | — |
| | Jam Sil Dong | 0.536 | 0.755 | — | — | 0.439 |
| | Mean±SD | 0.424 ±0.084 | 0.711 ±0.107 | 0.697 ±0.152 | 0.261 | 0.555 ±0.238 |
| Commercial area | Dong Dai Mun | 0.420 | 0.835 | — | — | 0.513 |
| | Express Bus Terminal | 0.447 | 0.720 | — | — | — |
| | Young Deung Po Rotary | 0.410 | — | — | — | 0.719 |
| | Chong Ryang Ri Rotary | 0.431 | 0.863 | — | — | — |
| | Sin Chon Rotary | 0.358 | 0.645 | 0.580 | — | — |
| | Yö I Do | 0.465 | 0.678 | 0.796 | — | 0.448 |
| | Jam Sil Sports Com. | 0.578 | 1.07 | — | — | 0.873 |
| | Pa Go Da Park | 0.363 | 0.594 | — | 0.184 | — |
| | Seoul Station | — | 0.797 | — | — | — |
| | Kwang Hwa Mun | — | 0.908 | — | — | — |
| Industrial area | Mean±SD | 0.434 ±0.07 | 0.790 ±0.149 | 0.688 ±0.153 | 0.184 | 0.513 ±0.149 |
| | Gu Ro Gong Dan | 0.377 | 0.712 | 0.784 | — | 0.719 |
| | Dang San Dong | 0.472 | 0.742 | 0.887 | — | — |
| | Sung Su Dong | 0.732 | — | — | — | 0.719 |
| | Sin Do Rim Dong | 0.432 | — | — | — | — |
| | Yang Nam Dong | 0.488 | — | — | — | 1.018 |
| | Mean±SD | 0.492 ±0.146 | 0.727 ±0.021 | 0.836 ±0.073 | — | 0.819 ±0.173 |

도被害의 정도는 品種의 個體樹齡 및 토양조건에 따라서 달라질 수도 있고 잎의 크기에도 영향을 받는다고 하였다. 은행나무는 녹지지역 뿐아니라 타지역도 유황의吸收가 많은樹木으로 알려져 있다.¹¹⁾ 金¹¹⁾이 서울시 일원에서 조사한 가로수목의 유황 함량 조사와

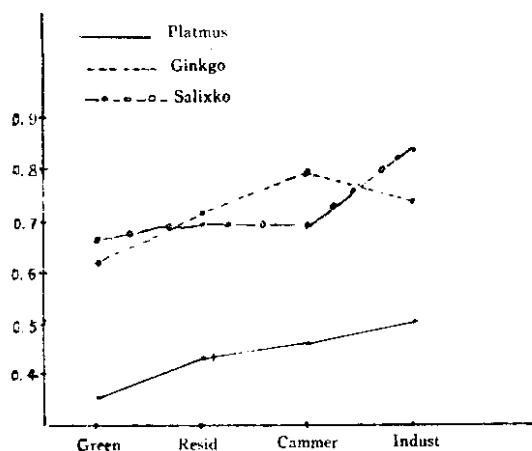


Fig. 2. Comparison of sulfur content in Region and Species.

비교해 볼 때 본 조사에서 나타난 수용성 유황의 함량은 훨씬 낮게 测定되었다. 이는 총유황분과 水溶性 유황의 测定差異로 思料된다. 趙¹²⁾ 등이 인천地域에서 9月中에 실시한 수용성 유황 함량과 比較할 때 전체적으로 낮은結果를 보였다. 전체지점을 비교해 볼 때, 綠地地城보다는 全地點에서 높게 나타났으며 같은 地域에서도 硫黃含量이 多少 差異가 있는 것은 그 지역의 대기中 아황산가스의 농도의 차이도 있겠으나 수종 개체간의 차이도 있을 것으로 생각된다.

개수양벼들: 綠地地城 $0.959 \pm 0.038\%$, 住居地城 $0.697 \pm 0.152\%$, 商業地城 $0.688 \pm 0.153\%$ 으로 거의 비슷한 수치를 보였으나 工業地城이 $0.836 \pm 0.073\%$ 로 他樹種과 같이 높은 양상을 보였다. 15個地點中的 쌍문동이 0.980% 로 가장 높았으며 당산동이 0.887% , 구로공단이 0.784% 로 높게 나타났다. 가장 낮은 지역은 김포공항으로 0.531% 였다. 개수양벼들은 시내 큰 가로변에는 많이 식재되어 있지 않고 도로변에서 다소 멀어진 地域에 植栽되어 있으나 은행나무와 같이 벼름나무보다는 높은 황산화물의吸收率을 나타내 봄철 꽃가루의 문제만 없으면 淨化樹木으로 가치가 매우 큰 것으로 思料된다.

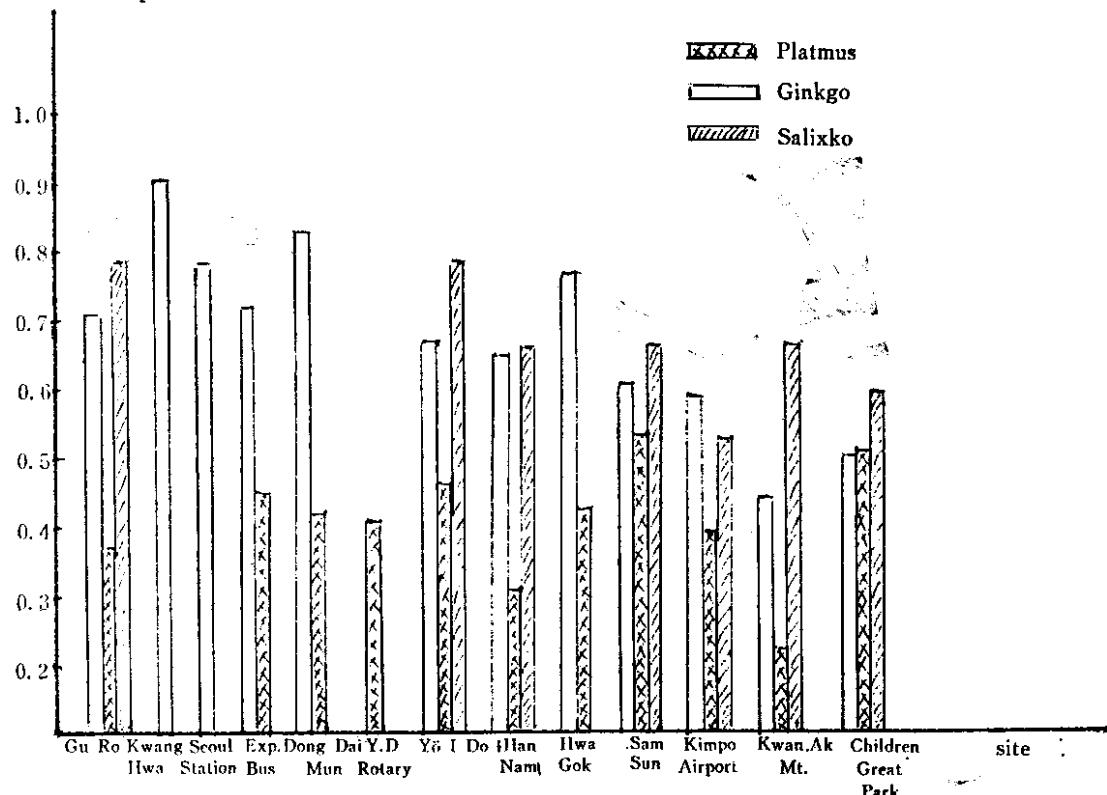


Fig. 3. Comparison of SO₂ in Sampling region and Species.

소나무：綠地地域은 $0.196 \pm 0.035\%$ 이며 전체 지점中最
가장 높게 나타난 쌍문동이 0.261% 로 전년도 0.179%
보다 0.082% 더 높았다. 소나무는 가로수로 조성되어
있는 곳이 없어 주로 도로옆 녹지대에서 채취하였다.
활엽수가 침엽수보다 유황을 많이 페유하고 있는 것으로
알려져 있고¹³⁾ 이는 본 조사 결과와 일치한다. 따라서 소나무는 大氣污染의 淨化樹木으로 적당하지 않은 것으로 생각된다.

각 樹種의 水溶性 硫黃分 含量의 地域別 비교는 Fig. 2와 같으며 주요 지점의 수종별 비교는 Fig. 3과 같다. 벼름나무는 공업지역에서 최고치를 나타냈으며 (0.492%) 은행나무 및 개수양비들은 최저치가 녹지지역에서 0.612% , 0.659% 로 나타나 벼름나무 보다는 은행나무, 개수양비들이 활합유량이 높은 것을 알 수 있으며, 녹지지역 및 공업지역의 水溶性 유황의 함량은 개수양비들, 은행나무, 벼름나무 순으로 나타났고 주거지역 및 상업지역에서는 은행나무, 개수양비들, 벼름나무 순이었다. 地域別로는 工業地域이 가장 높았으며 상업지역, 주거지역, 녹지지역의順이였다. 같은 地域이라도 植栽되어 있는 위치 및 교통량 등 환경조건이 각기 다르게 작용되었을 것으로 생각된다.

1988년 9月中 各 地域에 설치되어 있는 Monitoring system에 依한 SO₂ 농도는 녹지지역이 $0.223 \pm 0.143\text{ppm}$, 주거지역이 $0.555 \pm 0.238\text{ppm}$, 상업지역이 $0.513 \pm 0.149\text{ppm}$, 공업지역이 $0.819 \pm 0.173\text{ppm}$ 으로 나타났으며 대기中 아황산가스 농도와 各 樹種別 상관관계는 유의차가 없었다. 그런데 SO₂가 植物에 미치는 影響은 濃度, 時間 및 接觸시의 環境條件에 따라 被害度가 다르며 특히 고온 다습인 경우는 보다 甚하여¹⁶⁾ 植栽되어 있는 位置의 교통량, 도로율, 도시구조, 密集度, 교통신호 체계 및 교통통제 政策 등 매우 다양한 因子들에 의하여 作用되었을 것으로 思料된다.

結論

서울市 일원에 植栽된 가로수 中에 네 種類를 선택하여 地域別로 區分하고 34個 地點에서 1988. 9月 1日부터 9月 30일까지 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 그 葉中の 水溶性 유황의 濃度는 벼름나무는 $0.232\% \sim 0.732\%$, 은행나무는 $0.447\% \sim 1.07\%$, 개수양비들을 $0.531\% \sim 0.980\%$, 소나무는 $0.154\% \sim 0.261\%$ 이였다.
2. 地域別로는 工業地域과 商業地域 및 住居地域에서 높았고 綠地地域은 낮았는데 녹지지역 및 공업지역

에서는 개수양비들 > 은행나무 > 벼름나무 순이고 주거지역 및 상업지역에서는 은행나무 > 개수양비들 > 벼름나무 순이었다.

3. 地域의 大氣污染狀態와 樹種間의 水溶性 硫黃分의 관계는 유의성이 없었다.

参考文獻

1. 公害對策社論：月刊 公害對策, Vol. 18, No. 6 (1987).
2. 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).
3. 環境廳告示：第81~2號 公害公定 試驗法 高文社 (1985).
4. 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).
5. 高橋理喜男：大阪地方にあける各種 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雑誌 32:3, pp. 14-18 (1968).
6. 高橋理喜男：大阪地方にあ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雑誌, 32:3, pp. 14-18 (1968).
7. Pilet, P.E.: Un Poluant Atmosphérique L'anhydride Sulfureux, Pollution Atmos 14:55 (1972).
8. Thomas, M.P. and Hill, G.R.: Plant Physiol 12:285 (1937).
9. 松島二良：果樹の亞硫酸ガスにする。日園學誌 35:3 (1966).
10. 竹原秀雄：大氣汚染研究 4:134 (1969).
11. 金文洪：樹木에 대한 大氣汚染의 영향에 관한研究. 韓國造景學會誌 3, pp. 15-20 (1974).
12. 趙南奎：街路樹의 樹木葉中 水溶性硫黃 및 鉛含有量에 관한研究. 仁川保健研究所報 1, (1985).
13. 吳宗煥 외 2人：大氣中 亞硫酸가스 濃度가 街路樹生長에 미치는 林業. 試驗場研究報告 제30호(1983) 別刷.
14. 千葉成, 1973, 不良環境下의 緑화에 關する研究(Ⅱ), 主要 緑化樹木의 時期別 카스耐性比較, 제34回 日林講, 410-413.
15. 李光國：서울市內 街路樹葉의 水溶性 硫黃 및 重金屬含量에 關한 研究. 한양대학교 환경대학원 (1987).
16. 立谷壽雄：農作物의 煙害と 被害 輕減策, 農業技術 19:69 (1964).
17. 金甲泰：人工酸性雨가 處理된 盆植한 은행나무 幼

- 苗의 生理的 特性과의 相關. 韓國大氣保全學會誌
pp. 13-27, 1987.
18. 김면섭 외: 서울시내 가로수목의 수용성유황 및
증금속 함량에 관한 연구. 한국대기보전학회지
pp. 1-12 (1988).
19. 金在鳳 외: 대기오염 물질에 대한 식물의 반응연
구. 국립환경연구원보 1988.