

# 서울 一部地域의 道路邊 大氣中 SO<sub>2</sub> 濃度와 은행나무 잎의 水溶性 黃含量과의 關係

朴貞淑 · 鄭文植 · 朴碩煥

서울大學校 保健大學院

## A Relationship Between Atmospheric SO<sub>2</sub> Concentrations and Water Soluble Sulfur Contents in *Ginkgo biloba* in Seoul

Jeong Sook Park · Mook Shik Zong · Suak Hwan Park

School of Public Health, Seoul National University

### ABSTRACT

The atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations and water soluble sulfur contents in *Ginkgo biloba* were measured and analyzed in auto-measuring station, Kwangleung, and Yongmun from August 5 to October 21, 1990.

The results of the study are as follows :

1. Atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations between the seoul area(Pulkwang, Ssangmun, Myonmok, Gilum) in which the concentrations exceeded the air quality standards and the surburb of seoul(Kwangleung, Yongmun) revealed the significant difference(p<0.01).
2. Water soluble sulfur contents in *Ginkgo biloba* in autumn were higher than those in *Ginkgo biloba* in summer(p<0.01).

Water soluble sulfur contents in leaves showed a significant difference between seoul and its surburb(p<0.01).

3. Correlation between atmospheric SO<sub>2</sub> concentration and water soluble sulfur content of *Ginkgo biloba* in autumn was as follow :

$Y=0.2714+9.8123 X$ ,  $r=0.6362$  (X : Airborne SO<sub>2</sub> Concentration according to sampling location, Y : Water Soluble Sulfur Contents)

### I. 緒 論

최근 급격히 增加되고 있는 自動車 수와 빈번한 道路 工事로 많은 排氣가스와 분진이 大氣로 排出

되고 있으며, 이로 인해 도로변의 大氣汚染은 날로 심각해지고 있다. 특히 도로 사정에 비해 많은 交通量을 수용한 결과 道路邊에서 정체 또는 저속 주행 등으로 大氣汚染物質의 배출량을 증가시켜 시민의 健康障害가 增加될 것으로 예상된다.

大氣汚染物質中 아황산가스(SO<sub>2</sub>)는 石炭, 石油를 燃料로 하는 화력 발전소, 자동차, 각종 난방 시설, 정유공장, 코우크스 공장, 황산 제조공장 등에서 排出되고 있는데 이러한 人爲的 排出量이 자연적인 배출량보다 훨씬 많다.<sup>1,2)</sup>

SO<sub>2</sub>는 人體의 비강이나 인후에서 대부분 흡수되며 高濃度에 단기간 폭로될 때 氣管支炎을 동반한 기관지 폐렴으로 진행될 수 있고 낮은 농도에서 장기간 폭로될 때 비후인두염, 피로, 후각기관의 변형, 천식 기침과 같은 慢性的인 氣管支炎狀을 초래한다.<sup>3)</sup>

SO<sub>2</sub>가스는 인체나 동물에 건강 장애를 주는 것에 비해, 식물에 더 민감하게 작용하는 것으로 알려져 있다.<sup>4)</sup> 植物은 낮은 SO<sub>2</sub>의 濃度에서 영향이 나타나는데 식물의 被害 現狀을 이용해서 大氣汚染의 評價를 위해 유용하게 활용될 수 있을 것이다.<sup>5)</sup>

植物은 環境條件인 光, 大氣의 濕度, 溫度, 土壤中の 水分 등과 植物의 種類, 品種, 生育時期, 汚染物質의 露出時間, 汚染物質의 種類와 濃度, 植物의 感受性 등 여러 條件에 따라 각각 다른 反應을 보인다.<sup>6-16)</sup>

大氣 汚染物質은 식물에 單獨이나 複合으로 작용하여 피해가 발생되는데, 단독으로 黃酸化物은 식물의 잎을 탈색시키고 잎의 기공 열림을 자극하여 광합성 작용을 阻害시키고, 세포내 유기 화합물과 효소의 構造變化를 초래하며<sup>10,14,17-20)</sup> SO<sub>2</sub>와

HF, SO<sub>2</sub>와 O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>와 NO<sub>2</sub>가스가 복합적으로 작용할때 식물의 피해를 더욱 증가시킨 보고가 있다.<sup>5,7,12,18,19)</sup>

植物 잎의 氣孔으로 흡수된 SO<sub>2</sub>는 세포내 효소 작용의 교란, 각종 대사의 阻害, 체내 성분의 異狀的인 분해, 결합 등을 일으키고 細胞나 組織을 침해한다.<sup>1,7,18)</sup>

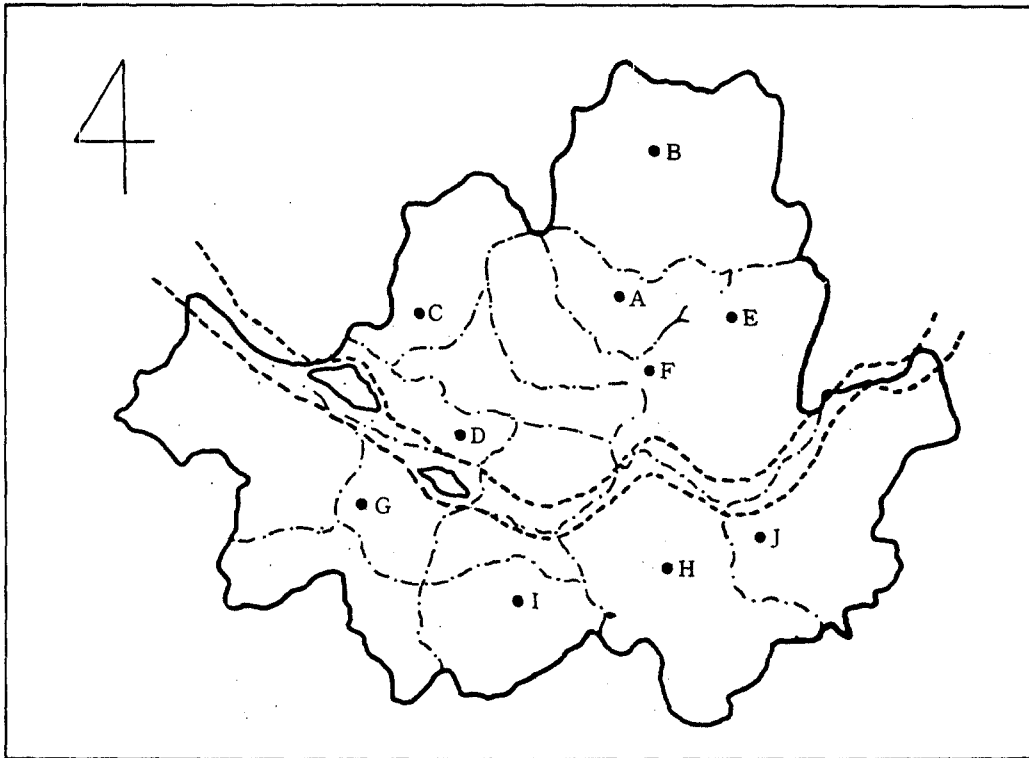
SO<sub>2</sub>가스의 植物 細胞내 集積과 毒作用의 기전은 SO<sub>2</sub>가 식물 세포내에서 aldehyde나 ketone group을 가지는 대사 중간 생성물질을 형성하거나, 효소작용을 저해시키는 α-hydroxysulfonate을 生成한다고 하였는데,<sup>15)</sup> 이와같은 1차적 반응의 지표로서 植物 잎의 水溶性 黃含量을 들 수 있다.<sup>16)</sup>

大氣汚染과 植物과의 關係를 구명하기 위한 研究들이 많이 이루어 졌는데, 그 대부분이 農作物에 관한 것이고,<sup>5,15)</sup> 환경연구원에서 오염물질을 高濃度에 단기간 露出시켜 그 영향을 평가하거나<sup>16,20)</sup> 工場 周邊의 식물에 대한 연구가 주류를 이루고 있으며,<sup>5)</sup> 실제 環境 汚染濃度에서 장기간 동안 식물에 미치는 영향에 대한 평가는 미흡한 상태이다.

環境 問題에 대한 일반인의 인식이 증가되면서 大氣汚染상태의 평가 자료로 서울시내 설치되어 있는 自動測定網 資料에 관심이 증대되었으나 연구자들이나 일반인에게 정보의 전달이 원활하지 못하다. 따라서 정확한 서울시 大氣汚染의 狀態,

Table 1. Sampling points in Seoul and its suburbs

Site	Administrative districts	sampling points for this study
Seoul area	Gilum (길음동)	Surroundings of Seolabeol high school
	Ssangmun (쌍문동)	Surroundings of Ssangmun station
	Pulkwang (불광동)	Surroundings of National institute of environment
	Tojeong (토정동)	Opposite position of Buddhist broadcasting station
	Myonmok (면목동)	Surroundings of the Bureau of telephone
	Sinseol (신설동)	Surroundings of Sinseoldong station
	Munlae (문래동)	Surroundings of Munlae station
	Daechi (대치동)	Surroundings of Grand department store
	Sinlim (신림동)	Surroundings of Sinlim station
	Chamsil (잠실동)	Surroundings of Chamsil sports complex
The suburb of Seoul	kwangleung (광릉)	Kwangleung-Experimental station of forestry
	Yongmun (용문)	Surroundings of Yongmun-temple



A: Gilum B: Ssangmun C: Pulkwang D: Tojeong E: Myonmok F: Sinseol  
G: Munlae H: Daechi I: Sinlim J: Chamsil

Fig. 1. Sampling points in Seoul area.

地域別 特性, 인체에 미치는 영향의 평가 등이 파악이 어려운 실정이다.<sup>21)</sup>

本研究의 目的은 서울시 自動測定網이 설치되어 있는 地域別로 道路邊 大氣中 SO<sub>2</sub>濃度を 측정하고 그 地域의 은행나무 앞의 黃含量과의 相關關係를 살펴보고 環境처의 서울시 自動測定망 자료를 비교 검토하여 大氣汚染管理方案을 수립하는데 필요한 기초 자료를 제공함에 있다.

## II. 調査對象 및 方法

### 1. 調査對象

調査期間은 1990年 8月 5日~10月 21日까지 였으며 調査對象 地域은 Table 1 및 Fig. 1에 나타난 바와 같이 環境처의 서울시 大氣汚染 自動測定網 地域中 10개 지역과 서울 근교의 2개 지역이었으

며 가장 교통이 변화한 사거리에서 시료를 채취하였다.

### 2. 調査方法

#### 1) 대기중 아황산 가스(SO<sub>2</sub>)의 측정

대기중 SO<sub>2</sub>농도의 측정은 우리나라 環境汚染 公定試驗法이며<sup>22)</sup> 美國의 環境保護廳(Environmental Protection Agency, EPA)의 公定試驗法인 파라로자닐린법(pararosaniline method)<sup>23-25)</sup>에 따라 실시하였다.

試料 捕集은 個人用 試料捕集펌프(美國 Gilian社, Model HFS 113A)에 吸收液(potassium tetrachloromercurate, TCM) 10ml를 담은 midget impinger를 연결하여 0.9~1.0Lpm(liter per minute)의 유량으로 약 60分 동안 捕集하였다.

捕集한 試料는 실험실에서 前處理하여 spe-

ctrophotometer(美國 Gilford社, Response<sup>TM</sup>)를 사용하여 파장 548nm에서 吸光度를 측정하여檢量線에 의해 대기중 SO<sub>2</sub>濃度を 계산하였다(Fig. 2참조).

시료는 하루를 세개의 시간대(오전 10:00~12:00, 오후 13:00~15:00, 저녁 18:00~20:00)로 나누어 포집하였으며 각 시간대에서 대기중 SO<sub>2</sub>를 측정하였다.

## 2) 은행나무 잎의 水溶性 黃素量 측정

### (1) 試料採取

은행나무는 生育 狀態에 따라 SO<sub>2</sub>에 의한 피해가 다르며 幼葉이 成熟葉보다 같은 SO<sub>2</sub> 농도에서 탈저 현상이 일어나기 쉽고 그 피해도 크기 때문에<sup>10,11)</sup> 生育 狀態에 따른 差異를 최소화하기 위해 나무의 직경과 높이가 비슷하고 잎의 크기가 비슷한 나무를 택하여 反復 採取를 통해 보정하였다.

### (2) 前處理<sup>26)</sup>

은행잎 표면을 물로 1~2회 깨끗이 씻어 물기를 제거하고 oven에서 60~80℃로 48時間 乾燥시킨 후 분쇄기(日本 Heiko Seisakusho社, T1-200)를 사용하여 100mesh로 粉碎하여 分析에 사용하였다.

### (3) 水溶性 黃素量 分析

日本の 栽培植物 分析測定法<sup>26)</sup>에 따라 粉碎試料 4g에 蒸溜水 250ml를 넣고 약 30℃로 진탕기에서 1시간 이상 진탕해서 濾過紙(Whatman No. 1)로 濾過하였다.

濾過液 200ml를 정확히 取하고 여기에 1~2ml의 진한 질산(HNO<sub>3</sub>)을 넣어 沙浴상에서 5~10ml까지 濃縮시킨 후 진한 HNO<sub>2</sub> 5ml를 가하여 시계 접시를 덮고 약 15분간 끓였다. 시계 접시를 除去하고 70~80℃의 水浴상에서 乾固시킨 후 약 25ml의 0.3N HCl을 가하여 녹이고 濾過紙(Whatman No. 40)로 여과하고 100℃의 蒸溜水로 濾過紙와 비이커를 씻어 濾過液이 100ml되게 하였다.

濾過液에 5% BaCl<sub>2</sub>용액 10ml를 첨가하여 水浴상에서 90℃로 加熱하였다.

시계 접시를 덮고 1시간 동안 加熱한 후에 여과지(Whatman No. 42)로 濾過하면서 뜨거운 蒸溜水로 濾過紙를 10회 정도 씻어내고 濾過紙를 乾燥시켜 도가니에 넣고 600℃에서 24時間 灰化해서 무게를 測定하였으며 다음 식에 의해 은행잎의 황 함량을 계산하였다.

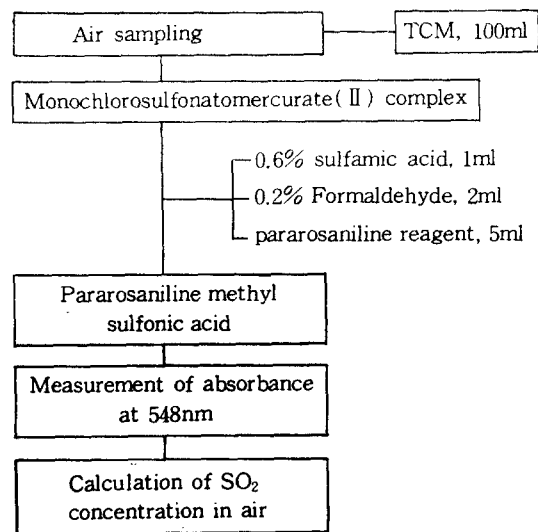


Fig. 2. Flowchart of atmospheric SO<sub>2</sub> sampling and analytical procedure.

$$S(\%) = \frac{\text{침전물무게}}{\text{시료무게}} \times \frac{S\text{원자량}}{BaSO_4\text{분자량}} \times \frac{250}{200} \times 100$$

## 3) 土壤中 pH 測定

### (1) 土壤採取 및 分析<sup>22)</sup>

土壤은 地域別로 은행나무의 밑동에서 50cm 거리에 있는 表土에서 깊이 10cm부근의 토양을 채취하였으며 채취한 토양은 2~3일 동안 풍건하여 시료로 하였다. 土壤分析은 시료 토양 5g에 蒸溜水 50ml를 가하여 진탕한 후에 pH-meter(日本 TOA社, HM-7D)로 측정하였다.

## Ⅲ. 結果 및 考察

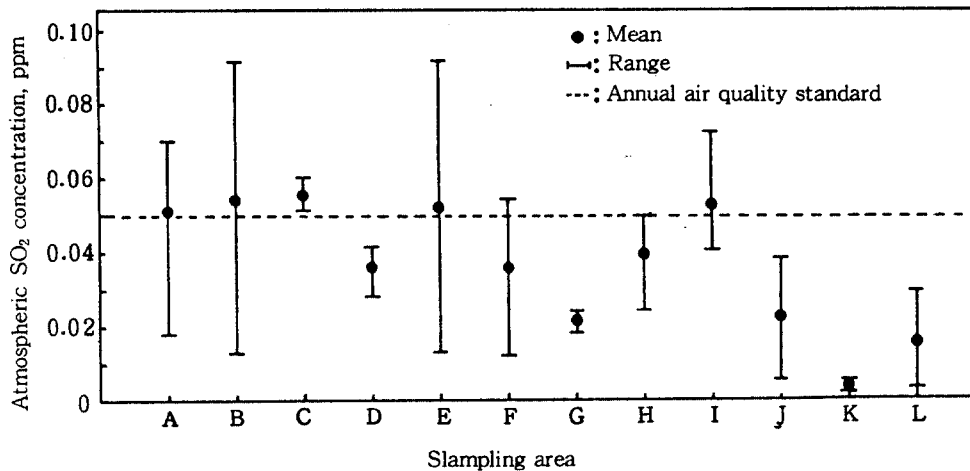
### 1. 地域別, 時間別 大氣中 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 濃度

9月中 地域別 大氣中 SO<sub>2</sub> 濃度は Table 2 및 Fig. 3과 같으며 일중 시간별 대기중 SO<sub>2</sub>농도는 Table 3 및 Fig. 4와 같다.

對象地域中 서울지역의 불광동 도로변이 평균 0.055ppm으로 가장 높은 濃度を 보였고, 쌍문동, 면목동, 신림동 지역이 각각 평균 0.054, 0.052, 0.052ppm으로 나타났으며 서울의 조사대상 지역의 전체 평균이 0.042ppm이었다. 반면 서울근교의 광릉이 평균 0.004ppm, 용문이 평균 0.015

Table 2. Atmospheric SO<sub>2</sub> concentration by sampling site in september, 1990

site	No. of sample	SO <sub>2</sub> concentration, ppm		
		Mean	Range	
Seoul area	Gilum	3	0.051	0.018 - 0.070
	Ssangmun	3	0.054	0.013 - 0.091
	Pulkwang	3	0.055	0.051 - 0.060
	Tojeong	3	0.036	0.028 - 0.041
	Myonmok	3	0.052	0.013 - 0.091
	Sinseol	3	0.035	0.012 - 0.054
	Munlae	2	0.021	0.018 - 0.024
	Daechi	3	0.039	0.024 - 0.050
	Sinlim	3	0.052	0.040 - 0.072
	Chamsil	3	0.022	0.005 - 0.038
Total	29	0.042	0.005 - 0.091	
The suburb of Seoul	Kwangleung	3	0.004	0.002 - 0.005
	Yongmun	3	0.015	0.003 - 0.029
Total	6	0.010	0.002 - 0.029	



A : Gilum B : Ssangmun C : Pulkwang D : Tojeong E : Myonmok F : Sinseol G : Munlae  
H : Daechi I : Sinlim J : Chamsil K : Kwangleung L : Yongmun

Fig. 3. Atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations by sampling area

ppm이고 전체 평균은 0.010ppm으로 나타났으며 서울지역과 서울근교지역 도로변의 대기중 SO<sub>2</sub>농도는 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.01).

대상지역의 대기중 SO<sub>2</sub>농도는年間平均環境基準 0.05ppm과 비교한 결과 길음동, 쌍문동, 불광동, 면목동, 신림동 등 5개 지역이 기준을 초과

하였으며, 그외 지역은 환경기준보다 낮은 농도를 나타냈다.

일중 시간대를 따른 대기중 SO<sub>2</sub>濃度 변화를 살펴본 결과는 Table 3 및 Fig. 4와 같으며 오전(10:00~12:00)에 높다가 오후(13:00~15:00)에 낮아지고 다시 저녁(18:00~20:00)에 증가하는

Table 3. Atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations by sampling time

site		SO <sub>2</sub> concentration, ppm		
		Morning (10:00~12:00)	Afternoon (13:00~15:00)	Evening (18:00~20:00)
Seoul area	Gilum	0.018	0.064	0.070
	Ssangmun	0.059	0.013	0.091
	Pulkwang	0.053	0.051	0.060
	Tojeong	0.028	0.041	0.041
	Myonmok	0.052	0.013	0.091
	Sinseol	0.012	0.035	0.059
	Munlae	-	0.018	0.024
	Daechi	0.050	0.024	0.044
	Sinlim	0.040	0.044	0.072
	Chamsil	0.024	0.005	0.038
Mean ± SD(N=9)		0.037 ± 0.017	0.032 ± 0.020	0.056 ± 0.027
The suburb of Seoul	Kwangleung	0.002	0.005	0.004
	Yongmun	0.029	0.003	0.011
Mean ± SD(N=2)		0.016 ± 0.019	0.004 ± 0.001	0.008 ± 0.005

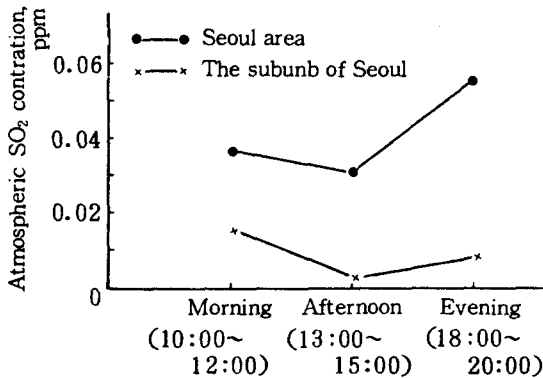


Fig. 4. Atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations by sampling time.

경향을 보였는데 全<sup>24)</sup>이 1989년에 춘천 지역의 대기중 SO<sub>2</sub>농도의 일변화에 대한 조사결과도 본 결과와 일치하였다.

한편 서울지역의 경우 저녁시간에 최고 농도를 보인 반면 서울근교지역의 경우 오전에 최고 농도를 나타냈다. 이와같이 아침, 저녁시간에 SO<sub>2</sub>농도가 상대적으로 높은 이유는 출·퇴근차량의 증가로 SO<sub>2</sub>가스의 배출량이 많기 때문이라 생각된다.

쌍문동의 버스 정류장 근처와 면목동의 도로변

에서 저녁시간에 대기중 SO<sub>2</sub>농도가 0.091ppm으로 전체 시료중 가장 높은 값을 보였다.

분진과 SO<sub>2</sub>에 동시 폭로되었을 경우 SO<sub>2</sub>는 粒子에 吸着되어 폐속 깊숙이 浸透하여 피해를 가중시키는데,<sup>25)</sup> 면목동은 좁은 차선에 비해 대형 트럭의 빈번한 통과로 道路邊 분진이 다른 지역에 비해 심했으며 SO<sub>2</sub>농도도 Table 2 및 Fig. 3에 나타난 바와같이 평균 0.052ppm으로 연간 평균 환경기준을 초과하고 있어 인체에 미치는 장해가 클 것으로 판단된다.

油類나 石炭을 燃料로 사용하는 공장에서 많은 양의 SO<sub>2</sub>가스가 排出되어 大氣中에 擴散되며 공장의 조업상황, 기상조건에 따라 확산거리가 상이하다고 했는데<sup>26)</sup> 공장지대인 문래동은 평균 0.021ppm으로 오히려 타지역에 비해 낮은 농도를 나타낸 것은 氣象과 工場 조업시간에 따라 배출량에 차이가 있을 수 있고<sup>2,17)</sup> 공장주변의 공원조성으로 大氣汚染 淨化能力이 증가된 것으로 생각된다.<sup>6)</sup>

都市計劃에 의해 대기오염을 감소 또는 증가시킬 수 있는데 주거지역이나 공장 주변 녹지 조성은 대기오염을 감소시킬 수 있는 방안이 되며 건물사이 간격, 차선 형태, 토지 이용 형태 등은 大氣중 대기오염물질의 확산에 영향을 미치므로 도

시계획시 이를 충분히 고려해야 할 것이라 본다.<sup>2, 27)</sup>

自動車의 排氣가스는 과밀집 住居地나 産業地域에서 저속주행이나 정지한 다음 다시 이동할때 다량 배출되는데 都市計劃 등 종합적인 大氣汚染 對策이 있어야겠다.<sup>1, 2)</sup>

본 조사에서도 지역별로 볼 때 비교적 오래 전에 도시가 계획되고 도로가 좁은 지역인 불광동, 면목동, 신림동 등이 다른 지역에 비해 SO<sub>2</sub>의 농도가 높은 이유는 도로폭에 비해 많은 차량의 통과로 차량의 정체시간이 길어지고 低速 주행에 의한 배기량의 증가와, 오염물질의 擴散 減少로 대기중 SO<sub>2</sub>의 농도가 증가되었다고 판단된다.<sup>2, 27)</sup>

## 2. 道路邊 은행나무 잎의 水溶性 黃含量

### 1) 地域別, 季節別 은행나무 잎의 水溶性 黃含量

地域에 따른 은행나무 잎의 水溶性 黃含量은 Table 4에 나타난 바와 같다.

여름철에 은행 잎의 수용성 황함량은 서울의 對象地域中 길음동에서 평균 0.600%로 가장 높았으며 쌍문동, 불광동, 신설동 순으로 감소하였고 서울근교지역의 경우 평균 0.220%였고 용문이 평균 0.070%로 가장 낮은 값을 나타냈는데, 서울지역

과 서울근교지역은 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.01). 가을철의 경우 서울지역 은행 잎의 황함량은 평균 0.717%였고 길음동이 평균 0.986%로 가장 높았으며 면목동, 문래동, 신설동 순으로 감소하였다. 서울지역과 서울근교지역의 황함량을 비교할 결과 서울지역은 서울근교지역인 광릉에 비해 유의하게 높게 나타났다(p<0.01).

季節別로는 Table 4에 나타난 바와 같이 신림동을 제외한 모든 지역에서 여름보다는 가을에 잎의 水溶性 黃含量이 높게 나왔다(p<0.01). 신림동의 경우 여름보다는 가을에 수용성 황함량이 오히려 낮은 것은 은행나무가 도로변 안쪽에 심어져 이 부근에서 대기의 확산에 의한 대기중 SO<sub>2</sub>의 감소와 道路邊 플라타너스의 大氣汚染 淨化效果로 생각된다.<sup>6)</sup>

식물 잎의 黃含量은 樹齡, 季節, 土壤特性에 따라 영향을 받아 여름에 비해 가을에 증가한다고 보고되었는데,<sup>5, 10)</sup> 본 조사에서도 여름보다는 가을에 황함량이 유의하게 높아(p<0.01) 다른 연구자들의 결과와 일치하였다.

趙 등<sup>3)</sup> 植物잎의 황성분중 대기중 SO<sub>2</sub> 농도와 관계가 밀접한 것은 총 황함량보다 수용성 황함량이라고 보고하였다.

식물은 環境條件과 植物의 種類, 品種, 生育時

Table 4. Water soluble sulfur contents in *Ginkgo biloba* in summer and autumn

Site	Water soluble sulfur content, % in summer			Water soluble sulfur content, % in autumn			
	No. of sample	Mean	Range	No. of sample	Mean	Range	
Seoul area	Gilum	3	0.600	0.530~0.650	3	0.986	0.928~1.074
	Ssangmun	3	0.566	0.461~0.689	3	0.802	0.714~0.843
	Pulkwang	3	0.562	0.537~0.589	3	0.805	0.775~0.828
	Tojeong	3	0.446	0.346~0.566	3	0.658	0.440~1.073
	Myonmok	3	0.429	0.361~0.549	3	0.830	0.774~0.872
	Sinseol	3	0.528	0.466~0.670	3	0.824	0.650~0.978
	Munlae	3	0.525	0.504~0.551	3	0.825	0.792~0.866
	Daechi	3	0.455	0.408~0.487	3	0.484	0.462~0.504
	Sinlim	3	0.432	0.331~0.609	3	0.390	0.327~0.462
	Chamsil	3	0.336	0.240~0.411	3	0.569	0.417~0.647
Total	30	0.488	0.240~0.689	30	0.717	0.327~1.074	
The suburb of Seoul	Kwangleung	3	0.137	0.121~0.153	3	0.166	0.130~0.201
	Yongmun	3	0.069	0.061~0.074	3	0.191	0.178~0.204
Total	6	0.220	0.061~0.153	6	0.179	0.130~0.204	

期, 汚染物質의 接觸時刻, 汚染物質의 種類와 濃度 및 植物의 感受性에 따라 반응에 차이가 있는데,<sup>7,11)</sup> 본 실험에서는 은행나무를 地域別로 같은 시기에 採取하였기 때문에 氣象에 의한 差異를 배제하였다.

서울 근교지역인 광릉 임업 시험장내 은행나무 잎의 水溶性 黃含量은 여름과 가을에 각각 0.137%, 0.166%이었고 용문사 천연 기념물 30호인 은행나무 주변의 은행나무들도 여름과 가을의 수용성 황함량은 각각 0.070%, 0.191%로 서울지역에 비해 유의한 차이(p<0.01)를 보이고 있었다.

## 2) 土壤中 pH와 은행나무 잎의 수용성 황함량과의 관계

調査對象 地域에서 은행나무가 심어진 곳의 土壤中 pH는 Table 5와 같다. 각 地域別 土壤中 pH의 範圍는 pH 6.16~7.70으로 중성에 가까운 수치를 나타냈다.

土壤中 pH는 pH 5.5이하를 강산성, pH 8.5이상을 강알카리성이라고 하는데 산성 대기오염물질인 SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HCl의 지속적인 영향은 表土에서 pH를 감소시킬 수 있다고 하였다.<sup>1)</sup>

본 조사에서 토양중 pH는 서울지역이 서울근교지역에 비해 약간 높았으나 유의한 차이를 보이지 않았는데(p<0.05), 보도 블럭등에 함유된 시멘트 및 알카리성 물질이 溶解하여 浸透되어 토양의

pH의 영향을 미치리라 본다.<sup>29)</sup>

과학 기술처의 연구결과에 의하면<sup>5)</sup> 土壤 環境 要因과 배나무 피해 지수인 토양내 수용성 황함량과 相關關係가 없었는데, 본 조사에서도 지역별 토양중 pH와 은행잎의 수용성 황함량간에는 상관관계가 없어, 토양중 pH는 은행잎의 황함량에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

## 3. 大氣中 아황산가스 濃度와 은행나무 잎의 水溶性 黃含量과의 相關性

地域別 大氣中 SO<sub>2</sub>濃度(X)와 은행나무 잎의 水溶性 黃含量(Y)간의 相關關係는 Table 6 및 Fig. 5에 나타낸 것처럼  $Y=0.2714+9.8123X$ 의 관계를 나타내고 있으며 相關計數는  $r=0.6362$ 로 正의 相關關係를 보이고 있다(p<0.01).

국립 환경 연구원의 연구결과에 따르면 SO<sub>2</sub>농도 증가에 따라서 수용성 황함량은 식물의 종류에 따라 다르지만 뚜렷한 正의 相關關係가 있다고 하였고,<sup>16)</sup> 趙 등<sup>6)</sup>은 대기중 SO<sub>2</sub>와 관계가 밀접한 것은 총 황함량보다 水溶性 黃含量이었다고 보고하였다.

McLaughlin<sup>7)</sup>은 大氣中 SO<sub>2</sub>가 잎의 氣孔을 통해 확산, mesophyll cells에서 녹아 生化學반응과 細胞內 대사에 변형이 일어나 식물 생장에 영향을 미친다고 하였다.

Table 5. pH in soil by sampling location in autumn

site	No. of sample	pH in soil		
		Mean	Range	
secul ar a	Gilum	3	6.72	6.60~6.90
	Ssangmun	3	7.28	7.25~7.30
	Pulkwang	3	7.34	7.15~7.70
	Tojeong	3	7.70	7.50~7.80
	Myonmok	3	7.60	7.40~7.70
	Sinseol	3	7.25	7.20~7.30
	Munlae	3	6.84	6.60~7.40
	Daechi	3	6.52	6.50~6.55
	Sinlim	3	7.24	7.00~7.80
	Chamsil	3	6.87	6.60~7.80
	30	6.98	6.50~7.80	
The suburb of Seoul	Kwangleung	3	6.35	6.30~6.40
	Yongmun	3	6.16	6.00~6.40
Total	6	6.24	6.00~6.40	



Table 6. Correlation between atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations water soluble sulfur contents in *Ginkgo biloba* in autumn by sampling location

Site	pH in soil	SO <sub>2</sub> concentration ppm	Water soluble sulfur content, %
Seoul area	Gilum	6.72	0.986
	Ssangmun	7.28	0.802
	Pulkwang	7.34	0.805
	Tojeong	7.70	0.658
	Myonmok	7.60	0.830
	Sinseol	7.25	0.824
	Munlae	6.84	0.825
	Daechi	6.52	0.484
	Sinlim	7.24	0.390
	Chamsil	6.87	0.569
The suburb of Seoul	Kwangleung	6.35	0.166
	Yongmun	6.16	0.191

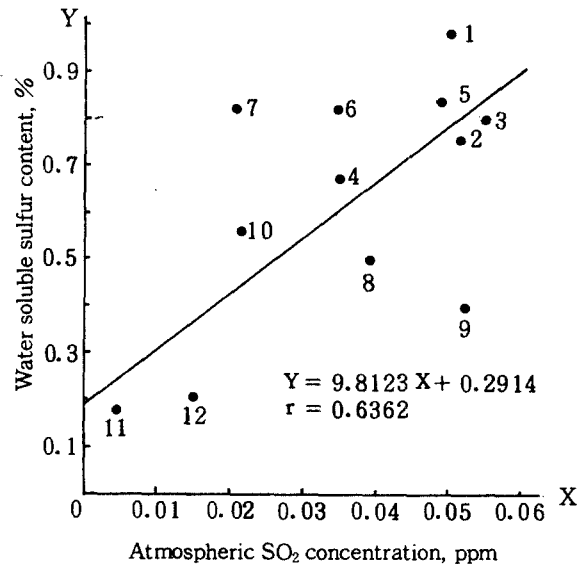
裴 등<sup>28)</sup>은 수중별로 SO<sub>2</sub>의 농도를 0.7ppm, 1.5 ppm, 및 3.0ppm으로 하여 매일 8시간씩 5일간 폭로시키고 수용성 황함량을 측정하였다. 그 결과 SO<sub>2</sub>가스에 강한 것으로 판단되는 은행나무 잎의 수용성 황함량은 대조군에서 0.206%, 1.5ppm의 SO<sub>2</sub>농도에 폭로되었을때 0.583%를 나타냈다. 그러나 본 조사결과는 대상지역에 따라 실제 환경의 SO<sub>2</sub>농도를 조사하고, 은행잎을 채취하여 측정 한 수용성 황함량이 0.39~0.99% 範圍로裴 등<sup>28)</sup>의 은행잎의 수용성 황함량보다 높았다.

植物體內 黃含量의 30%를 大氣中에서 흡수하는데, 대기중의 SO<sub>2</sub>농도와 일정하게 比例하며 SO<sub>2</sub>농도 증가에 따라 황함량 증가폭이 樹種間에 差異를 보인다고 보고되었다.<sup>6-8,16,28)</sup>

본 조사에서도 地域別로 대기중 SO<sub>2</sub>농도의 증가에 따라 은행나무의 잎의 수용성 황함량은 比例하는 關係를 나타내어 環境影響評價의 자료로서 가치가 있다고 판단된다.

SO<sub>2</sub>가스의 細胞內 集積과 毒作用의 기전은 SO<sub>2</sub>가 식물체내 수분에 용해되어 아황산이 되고 탄산동화작용의 초기생성물질인 aldehyde나 ketone group을 가지는 대사 중간 생성물질을 형성하거나, 효소작용의 저해를 일으키는 α-hydroxysulfonate을 生成한다고 보고하였는데,<sup>15)</sup> 식물 잎의 수용성 황함량은 이와 같은 1차 反應의 지표로서 가치가 있다고 판단된다.<sup>16)</sup>

SO<sub>2</sub>는 식물에 單獨이나 다른 물질과 複合으로 작용하여 피해가 나타나는데, Umbach 등<sup>11)</sup>은 소



- 1: Gilum 2: Ssangmun 3: Pulkwang 4: Tojeong  
 5: Myonmok 6: Sinseol 7: Munlae 8: Daechi  
 9: Sinlim 10: Chamsil 11: Kwangleung  
 12: Yongmun

Fig. 5. Correlation between atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations and water soluble sulfur contents in *Ginkgo biloba* by sampling location in autumn.

나무류가 일정농도의 SO<sub>2</sub>에 폭로될때 잎의 탈저는 SO<sub>2</sub>의 濃度, 露出期間에 관계가 있다고 하였으며, Hirofumi Tanaka등<sup>20)</sup>은 SO<sub>2</sub>가스에 폭로될때 단백질의 光化學的 합성이 감소하고 L-hydroxysulfonate가 형성된다고 보고하였다.

Beckerson등<sup>14)</sup>은 무우, 오이, 두류를 O<sub>3</sub>와 SO<sub>2</sub>에 單獨 또는 複合으로 폭로시키는 잎의 확산 저항성에 대한 연구에서 O<sub>3</sub>이나 SO<sub>2</sub> 단독작용보다는 두 가스의 複合에 의해 확산 저항성이 증가되었다고 하였다.

Elkiey등<sup>18)</sup>은 O<sub>3</sub>와 SO<sub>2</sub>에 petunia 잎이 노출될때 광합성 작용이 저해되고 細胞內 유기화합물과 효소의 構造를 변화시키며, SO<sub>2</sub>가스는 잎의 組織 투과성에 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

#### 4. 大氣汚染 測定網 資料와의 比較

Table 7에서는 地域別 1989년과 1990년 9月中 대기중 SO<sub>2</sub>의 平均 濃도를 나타낸 것이다.

환경처 自動測定網 資料의 각 地域別 9月中 SO<sub>2</sub> 平均濃度는 89年의 경우 면목동이 0.028ppm으로 가장 높았으며 신림동이 0.010ppm으로 가장 낮았다.

本 調査結果 불광동이 0.055ppm으로 가장 높았으며 문래동이 0.021ppm으로 낮은 농도를 나타냈

Table 7. Comparison of atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations by sampling location in september

Site	SO <sub>2</sub> concentration, ppm	
	1989 year**	1990 year***
Gilum	*	0.051
Ssangmun	0.029	0.054
Pulkwang	0.012	0.055
Tojeong	0.018	0.036
Myonmok	0.012	0.052
Sinseol	*	0.035
Munlae	0.020	0.021
Daechi	0.018	0.039
Sinlim	0.010	0.052
Chamsil	0.019	0.022

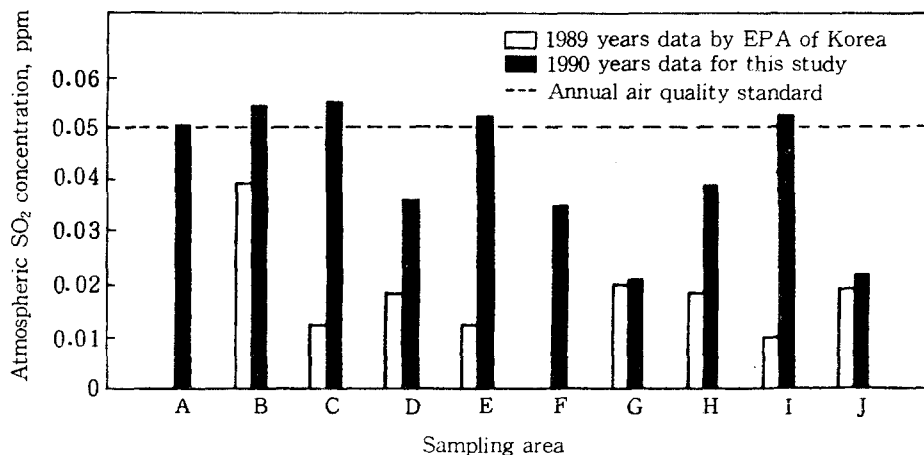
\* Closed administrative districts

\*\* A data by Environmental Protection Agency of Korea

\*\*\*Data for this study

다.

신림동은 조사 결과 0.052ppm의 높은 농도를 나타내고 있는 반면 자동측정망 자료에서는 0.010ppm으로 가장 낮은 농도를 보이고 있는데, 測定所가 관악산에 위치해 居住地와 道路로 부터 떨어져 있기 때문에 낮은 오염도를 나타냈다고 판단된다.<sup>1,2)</sup>



A: Gilum B: Ssangmun C: Pulkwang D: Tojeong E: Myonmok  
F: Sinseol G: Munlae H: Daechi I: Sinlim J: Chamsil

Fig. 6. Comparison of atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations data by this Study and by seoul city auto-monitoring network by sampling location in september.

그 외에도 불광동, 잠실동, 대치동 등은 서울 외곽 지대에 자동 측정망이 설치되어 이들의 평균치가 그 지역의 代表値를 반영한다고 보기 어렵다.<sup>21)</sup>

年間 平均 環境基準 0.05ppm과 비교할때 自動測定網의 경우 초과하는 지역은 없었으나, 本 調査結果는 길음동, 쌍문동, 불광동, 면목동, 신림동 등 5개 지역이 초과하고 있었다(Fig. 6 참조).

#### IV. 結 論

本 調査 研究는 서울시 自動測定網 位置와 광릉, 용문 지역을 대상으로 1990年 8月 5日~10月 21日까지 道路邊에서 대기중 SO<sub>2</sub>濃度를 測定하고 그 위치에 있는 은행나무 잎을 여름철과 가을철 同期間에 각각 採取하고 水溶性 黃含量을 分析, 比較하였는데 그 결과는 다음과 같다.

1. 地域別 大氣中 SO<sub>2</sub>濃度는 서울의 대상 10개 지역이 평균 0.042ppm이었고 불광동이 평균 0.055ppm으로 가장 높았으며, 年間 平均 環境基準 0.05ppm을 초과한 지역은 길음동(평균 0.051ppm), 쌍문동(평균 0.054ppm), 면목동(평균 0.052ppm), 신림동(평균 0.052ppm)이었으며, 서울지역은 서울근교지역인 광릉, 용문지역의 평균 0.010ppm에 비해 유의한 차이가 있었다(p<0.01).

2. 道路邊 은행나무 잎의 水溶性 黃含量은 여름철(평균 0.488%)에 비해 가을철(평균 0.717%)이 높게 나왔다(p<0.01).

地域別로 여름철은 길음동이 평균 0.600%로 가장 높았으며, 용문, 광릉 각각의 평균 0.070%, 0.139%보다 유의한 차이가 있었다(p<0.01). 가을철은 길음동이 평균 0.986%로 가장 높은 값을 나타냈고 용문, 광릉 각각의 평균 0.193%, 0.166%보다 유의한 차이가 있었다(p<0.01).

3. 地域別 大氣中 SO<sub>2</sub>濃度와 은행나무 잎의 水溶性 黃含量과의 相關關係는 가을철 採取葉의 경우  $Y = 0.2714 + 9.8123X$  (相關計數  $r = 0.6362$ )를 나타내어 SO<sub>2</sub>농도와 잎의 수용성 황함량은 정역 비례 관계에 있었다.

#### 參 考 文 獻

1) Dassler, H.G., S. Bortitz, Air Pollution

and its Influence on Vegetation-Causes, Effects, Prophylaxis and Therapy, DR W. Junk publishers, 1988.

- 2) 윤오섭, 홍성길, 대기오염과 미기상학, 동화기술, 51~125, 1990.
- 3) Parmeggiani, D.L., Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, International Labour Office, Geneva, 2, 3rd Edition, 1983.
- 4) Marx, J.L., Air Pollution: Effects on Plants, Science, 187, 731~733, 1975.
- 5) 과학 기술처, 환경 오염 생물 지표법의 개발 연구(1) (3)-대기오염에 대한 생물지표 방법, 과학 기술처, 1986~1989.
- 6) 조남규, 심재덕, 한연수, 신부현, 가로수의 수염중 수용성 유황 및 연함유량에 관한 연구, 인천 직할시 보건연구소보 34~45, 1985.
- 7) McLaughlin, S.B., Effects of Air Pollution on Forests-A Critical Review, Journal of The Air Pollution Control Association, 35, No. 5, 512~534, 1985.
- 8) Kozolowski, T.T., J.B. Mudd, Responses of Plants to Air Pollution, Academic Press, NY, 1975.
- 9) Ormrod, D.P., Gaseous Air Pollution and Horticultural Crop Production, AVI Publishing Co., 8, 2~5, 1986.
- 10) Sourfield, G., Air Pollution and Tree Growth, Forest Abstracts, 21, 3, 339~528, 1960.
- 11) Vmbach, D.M., D.D. Davis, Severity of SO<sub>2</sub>-Induced Leaf Necrosis on Caribbean, Scots, and Virginia Pine Seedlings, JAPCA, Vol. 36, No. 9, 1019~1021, 1986.
- 12) Jensen, K.F., L.S. Dochinger, Response of Eastern Hardwood Species to Ozone, Sulfur Dioxide and Acid Precipitation, JAPCA, 39, 6, 852~855, 1989.
- 13) Lefohn, A.S., C.K. Jones, The Characterization of Ozone and Sulfur Dioxide Air Quality Data for Assessing Possible Vegetation Effects, JAPCA, 36, 10, 1123~

- 1129, 1986.
- 14) Beckerson, D.W., G. Hofstra, Response of Leaf Diffusive Resistance of Radish, Cucumber, and Soybean to O<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub> Singly or in Combination, Atmospheric Environment, 13, 1263~1268, 1979.
  - 15) 한기학, 대기 오염에 의한 농작물의 피해와 금후 연구 과제, 한국 생태학회 및 한국 식물학회, 102~120, 1990.
  - 16) 김재봉, 박재규, 김동한, 오재기, 강덕희, 남혜옥, 신승국, 김정규, 배정오, 대기 오염이 식물에 미치는 영향에 관한 실험적 연구-SO<sub>2</sub>가스를 중심으로, 국립 환경 연구원소보, 6, 6, 271~288, 1984.
  - 17) Sten, A.C., R.W. Bouble, D.B. Turner, L. Fox, Fundamentals of Air Pollution, Academic Press Inc, 2nd Edition, 1984.
  - 18) Elkiey, T., D.P. Ormrod, Ozone and/or Sulphur Dioxide Effects on Tissue Permeability of Petunia Leaves, Atmospheric Environment, Vol. 13, 1165~1168, 1979.
  - 19) Beckerson, D.W., G. Hofstra, Stomatal Response of White Bean to O<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub> Singly or in Combination, Atmospheric Environment, Vol. 13, 533~535, 1979.
  - 20) 김복영, 한기학, 대두에 대한 SO<sub>2</sub>가스의 영향, J.Korean Soc. Soil Science Fert., 11, 2, 105~112, 1978.
  - 21) 환경과 공해 연구회, 서울시 대기오염 측정 자료의 분석 및 평가, 환공연 89-1-1, 1989.
  - 22) 환경청, 환경 오염 공정 시험법, 환경청, 49~52, 373~386, 1988.
  - 23) Lodge, J.P., Method of Air Sampling and Analysis, Lewis Publishers Inc., 3rd Edition, 1988.
  - 24) 이정인, 도시 지하 공간의 공기중 SO<sub>2</sub> 농도에 관한 조사연구, 서울대학교 보건대학원 석사 학위 논문, 1989.
  - 25) 전상일, 춘천 지역의 대기중 SO<sub>2</sub> 및 TSP농도에 관한 조사연구, 서울대학교 보건 대학원 석사 학위 논문, 1990.
  - 26) 作物分析法委員會, 栽培植物分析測定法, 養賢堂, 89~90, 1949.
  - 27) Lyons, T.J., J.R. Kenworthy, P.W.G. Newman, Urban Structure and Air Pollution, Atmospheric Environment, Vol. 24B, No. 1, 49~55, 1990.
  - 28) 배정오, 고강석, SO<sub>2</sub>가 식물에 미치는 영향, 한국 생태학회 및 한국 식물학회, 55~86, 1990.