

## 都心地域의 亞黃酸 가스에 의한 大氣汚染과 樹木內 葉의 水溶性 硫黃 含量 및 樹皮酸度와의 關係<sup>1</sup>

車潤貞<sup>2</sup> · 李景俊<sup>2</sup>

### Relationships between Air Pollution by SO<sub>2</sub> and Soluble Sulphur Contents in the Leaves and Bark pH in Urban Forest Trees<sup>1</sup>

Youn Jung Cha<sup>2</sup> and Kyung Joon Lee<sup>2</sup>

#### 要 約

本 연구는 우리나라 都心地域과 外廓地域의 산림에서 자라고 있는 수목을 대상으로 葉中 水溶性 硫黃 含量과 樹皮 酸度(pH)를 측정함으로써, 都心地域의 汚染狀態를 진단하고 이러한 측정 방법이 大氣汚染의 生物學的 指標로서 適合한가를 구명하였다.

조사대상지는 汚染地域(서울의 南山, 冠岳山, 北漢山, 水原의 八達山)과 非汚染地域(江原道 平昌)으로 나누어 선정하였고 공시수종으로는 소나무 (*Pinus densiflora* S. et Z.)와 신갈나무(*Quercus mongolica* Fisch.)를 선택하였다. 시료의 채취는 생육시기별로 나누어 1990년 5월, 8월, 10월에 3회 실시 하였으며, 葉中 水溶性 硫黃 含量을 BaSO<sub>4</sub> 重量法으로 측정하고 樹皮酸도를 pH meter로 측정하였다. 大氣中 亞黃酸가스 濃度は 도시의 경우 1990년도 환경처 발표자료를, 평창의 경우는 임업연원의 자료를 이용하였다.

葉中 水溶性 硫黃 含量은 大氣中 亞黃酸가스 濃도가 增加할수록 증가하였는데(相關係數 0.52), 南山지역에서 소나무와 신갈나무가 각각 0.170%와 0.081%의 含量을 나타내어 非汚染地域인 平昌(소나무 0.023%, 신갈 0.034%)에 비해 상당히 높았다. 樹皮酸度(pH)는 大氣中 亞黃酸가스 濃도가 증가할수록 낮은 pH를 보였는데(相關係數 -0.52), 南山지역에서 소나무와 신갈나무에서 각각 pH 3.42과 3.63을 나타내어 평창의 pH 3.94와 4.93에 비해 훨씬 낮은 수치를 보였다. 時期別 調査에서는 8월이 5월과 10월에 비하여 葉中 水溶性 硫黃 含量이 더 낮고, 樹皮的 pH는 더 높은 값을 나타냈는데, 이는 6-8월 기간중의 많은 降雨量에 의하여 大氣가 淨化되었기 때문으로 사료된다. 소나무와 신갈나무의 樹種間 比較에서는 汚染地域에서는 葉中 水溶性 硫黃 含量과 樹皮的 pH 모두에서 유의차를 보이지 않았지만, 非汚染地域의 樹皮 酸度(pH)에서는 신갈나무가 고유의 특성으로 인하여 소나무에 비해서 수피의 pH가 높고, 大氣汚染에 따라서 소나무 수피보다 더 큰 변화를 나타냈다.

따라서 葉中 水溶性 硫黃 含量과 樹皮酸度(pH)는 大氣汚染의 生物學的 指標로 사용할 수 있으며, 특히 樹皮酸度は 측정 방법이 간편하면서도 大氣汚染에 더 敏感한 指標라고 結論 짓는다.

<sup>1</sup> 接受 1991年 6月 12日 Received on June 12, 1991.

<sup>2</sup> 서울대학교 農科大學 林學科 Department of Forestry, Seoul National University, Suwon, Kyonggi-do 441-744 Korea.

## ABSTRACT

This study was carried out to investigate relationships between atmospheric SO<sub>2</sub> concentration and both soluble sulphur contents in the tree leaves and bark pH to test the possibility of using them as bioindicators for air pollution. Mt. Kwanak, Mt. Nam, Mt. Bukhan (located in Seoul) and Mt. Paldal (located in Suwon, Kyonggi-do) as polluted areas and Pyongchang, Kwangwon-do as an unpolluted area were selected for this study. Soluble sulphur contents in the leaves and bark pH of two tree species (*Pinus densiflora* S. et Z. and *Quercus mongolica* Fisch.) were analyzed in May, August, and October, 1990 by BaSO<sub>4</sub> precipitation method and pH measurement, respectively. In both species, concentration of soluble sulphur in the leaves increased with increasing concentration of atmospheric SO<sub>2</sub> (correlation coefficient : 0.52). Soluble sulphur contents in the 2-year-old needles of *Pinus densiflora* (0.170%) and current year leaves of *Quercus mongolica* (0.081%) in Mt. Nam in the center of Seoul were higher than those in unpolluted Pyongchang area (0.023% and 0.034%, respectively). Bark pH decreased with increasing atmospheric SO<sub>2</sub> concentration (correlation coefficient : -0.52). Bark pH of *P. densiflora* (pH 3.42) and *Q. mongolica* (pH 3.63) in Mt. Nam were lower than those in Pyongchang area (pH 3.94 and pH 4.93, respectively). Both soluble S content in the leaves and bark pH were recognized as suitable bioindicators for air pollution by SO<sub>2</sub>. Especially, bark pH showed more sensitive response to air pollution by SO<sub>2</sub> than soluble S concentration in the leaves. The lowest concentration of soluble sulphur and the highest bark pH in August were considered to be due to heavy rain during the rainy season. Soluble S content in the leaves and bark pH were not significantly different at 5% level between the two species in polluted areas.

*Key words* : Atmospheric SO<sub>2</sub>, soluble sulphur, bark pH, bioindicator, air pollution.

## 緒 論

大氣中の 亞黃酸 가스는 粉塵과 더불어 植物에 直接 吸着되어 吸收(Dry deposition)되거나 빗물에 녹아 (Wet deposition) 酸性雨의 形態로 植物體에 吸收 되는데, 이들이 生態系에 주는 被害는 식물체뿐만 아니라 土壤 및 土壤 生物 등을 包含한 生態系 全般에 深刻한 것으로 밝혀지고 있다.

樹木의 여러 기관 중에서 잎은 生命 活動을 가장 旺盛하게 修行하는 곳인 反面, 外部 環境에 쉽게 露出되어 있어 直接的이고도 即刻의인 環境의 影響을 받기 쉬운 곳이다. 이러한 葉의 氣孔을 통해 계속해서 吸收되는 亞黃酸가스는 葉 組織 내에서 水溶性 硫黃成分으로 변하여 蓄積되는데, 過多하게 축적된 硫黃 성분은 葉의 정상적인 代謝活動을 심각하게 阻害하기 때문에 (Kozlowski and Constantinidou, 1986), 이러한 성분의 測定은 亞黃酸가스에 의한 植物體의 間接的인 被害를

나타내는 指標로서 意味를 갖는다고 할 수 있다.

樹木의 樹皮는 表面積이 넓어 附着 物質이 많고 일에 비해 大氣 중에 노출되는 기간이 길어서 大氣汚染에 의한 粉塵과 酸性雨의 영향도 오랫동안 累積되어 나타난다. 樹皮는 또한 樹皮 形成時 體內에서 生成된 여러가지 物質이 樹皮 表面에서 殘留하게 되어 이들 附着 물질과 殘留 물질들이 酸性雨나 亞黃酸가스에 沈出되어 녹아 내리면서 樹幹流水(Stemflow)의 pH에 영향을 준다. 따라서 樹皮의 酸度 測定도 大氣中 亞黃酸가스 狀況을 간접적으로 나타낸다 할 수 있다.

大氣中の 亞黃酸가스에 의한 植物 葉組織 反應에 대한 調査에서 Solberg와 Adams(1956)는 亞黃酸가스 接觸에 의한 葉의 해면組織의 崩壞를 發表하였으며, Ratsch(1974)는 大氣汚染도가 增加할수록 黃 蓄積이 많아진다고 하였는데, 水溶性 硫黃 含量이 全 硫黃 含量보다 더 밀접한 關係가 있다는 보고도 있다(Lab. for Anal. Fertilizer Chem., 1971).

국내의 연구에서, 김 등(1985)은 麗川 工業團地 周邊의 곰솔림에 대한 조사에서 大氣汚染이 발생함에 따라 物質 生産은 감소하며 葉中 水溶性 硫黃 含量은 0.0779-0.2359%로 대조구 (0.034%)에 비해 상당히 많음을 報告하였으며, 이 등(1989)은 蔚山 工業團地內의 곰솔림을 대상으로 被害指數를 選定하여 이들의 被害를 測定하였다. 김과 김(1989)은 溫山 工業團地 地域의 해송에서 葉內 유황 含量과 種 出現度, 種多樣性 間의 有意差를 보고하였다.

樹木의 樹皮에 대한 연구는 외국의 경우 1960년대 이후부터 연구되었는데, 1969년 Staxang이 몇 闊葉樹種에 대한 地域間 酸度 分析을 하였으며 Hartel과 Grill (1972), Grodzinska (1971, 1975), Grethe (1975) 등은 樹木의 樹皮를 分析하여 이들이 大氣中 亞黃酸 가스나, 酸性 物質의 濃度和 隣접한 關係가 있는 것으로 보고하였다. 우리나라에서의 연구는 과학기술처(1987)의 서울, 강원도 및 울산에서의 針葉樹와 闊葉樹에 관한 것이 있는데 침엽수는 pH 4.10 활엽수는 pH 4.60의 결과를 보이고 있다. 장 등(1990)은 서울 地域에서의 大氣汚染에 의한 강우의 酸性化를 발표하였다.

本 研究에서는 우리나라 都心 地域과 外廓 地域의 森林에서 자라고 있는 樹木을 對象으로 葉中 水溶性 硫黃 含量과 樹皮 酸度を 測定하여 비교함으로써 都心 地域의 汚染 狀態를 診斷하고, 이러한 測定 方法이 大氣汚染의 生物學的 指標로서 적합한가를 究明하고자 하였다.

## 材料 및 方法

### 調査 地域

本 연구의 調査地는 汚染源의 發生 程度 및 距離 등 일반적인 상황을 기준으로 汚染 地域과 非汚染 地域으로 구분한 후, 汚染地域으로 서울시 소재의 남산(정상 해발 265m), 관악산(정상 해발 632m), 북한산(정상 해발 716m)과 경기도 수원시 중심가에 위치한 팔달산(정상 해발 360m)을 選定하였고 非汚染 地域으로는 강원도 평창군 소재의 중왕산(정상 해발 1300m)을 選定하였다.

### 供試 樹種

本 調査의 供試 樹種은 침엽수로 소나무 (*Pinus densiflora* S. et Z.)와 활엽수로 신갈나무 (*Quercus mongolica* Fisch.)의 2種이며, 個體木의 性狀은 대략적으로 각각 직경이 1경급에서 2경급(15-20cm), 수고가 약 5-7m 였다.

남산의 試料採取區는 소나무 (*Pinus densiflora*)의 경우 남산 도서관과 공원 주위를, 신갈나무 (*Quercus mongolica*)의 경우는 남산 식물원 뒷편의 해발 100m 이내의 地域을 選定하였다. 소나무區는 소나무만 人工的으로 식재된 곳이며, 신갈나무區는 신갈이 대부분을 優占하고 있는 天然林이며 林冠이 90% 이상 울폐된 곳이다. 관악산은 신림동의 등산로 주변을 採取區로 選定하였는데, 소나무의 경우 임관의 대부분을 소나무가 차지하고 있었으며 신갈 역시 임관의 90% 이상을 차지하고 있었다. 관악산의 경우는 소나무와 신갈이 인접하고 있었으며 試料 採取는 모두 主登山路에서 10m 정도 떨어진 곳에서 실시하였다. 북한산은 우이동 계곡 상류의 도선사 아래 地域을 選定하였다. 소나무와 신갈이 같이 자라고 있는 곳으로 이들이 대부분의 식생을 차지하고 있었으며 등산로에서 10m 이상 떨어진 곳에 위치한 나무만 試料 採取 對象으로 하였다. 팔달산은 등산로에서 위쪽으로 15m 떨어진 곳을 대상으로 하였는데 소나무와 신갈이 인접하여 있었으며 특히 소나무는 거의 純林을 이루고 있었다. 평창地域은 대화면 소재의 중왕산을 대상으로 하였는데 소나무와 신갈이 각각 임관의 대부분을 차지하고 있었다.

### 試料 採取

試料 採取는 樹木의 生育 時期別 조사를 위하여 조사시기를 계절별로 5월, 8월, 10월(단풍변색 직전)의 3차에 걸쳐 실시하였다. 葉中 水溶性 硫黃 含量과 樹皮 酸度を 측정하기 위하여 葉은 調査木 임관의 전 높이에 걸쳐 사방에서 고르게 채취하였는데, 소나무의 경우는 2년생 잎을 채취하였다. 樹皮는 胸高 높이의 사방에서 두께 2mm 정도의 薄片으로 뜯어냈다. 시료는 각 지역 당 소나무, 신갈에 대해 각각 5本씩을 無作為로 選定하였다. 조사지역의 土壤은 落葉層을 제거한 후 表土를 15cm 깊이로 채취하였다.

試料의 調製 및 分析

各 時期別로 채취한 葉은 휴지를 사용하여 깨끗이 닦고, 樹皮는 附着 物質을 제거한 후 乾燥機에서 3일간 건조하여 破碎하였다. 土壤은 돌과 落葉 物質을 제거하고 덩어리는 잘게 파쇄한 후 風乾하였다.

葉中 水溶性 硫黃 分析은 BaSO<sub>4</sub>에 의한 重量法(작물분석위원회, 1975)을 이용하였다. 파쇄한 葉 4g을 秤量하여 蒸溜水에 12시간 동안 진탕시켜 수용성 유황을 추출한 후 농질산과 염산으로 처리하고, BaCl<sub>2</sub>를 첨가하여 BaSO<sub>4</sub>를 침전시켰다. 이것을 濾過하여 600°C의 灰火爐에서 24시간 灰化시킨 후 沈澱物의 무게를 측정하여 水溶性 硫黃의 含量을 계산하였다. 樹皮 酸度는 Martin & Gray 법(과학기술처, 1987)을 이용하였는데, 파쇄한 수피 2g에 증류수를 가하여 진탕기에서 24시간 진탕한 후 pH meter로 pH를 측정하였다.

토양 pH는 풍건토 5g을 평량하여 여기에 증류수를 가하여 1시간 정도 저어준 후 pH meter로 측정하였다(농업기술연구소, 1988).

分析한 data는 SAS (Statistical Analysis System) 統計 program을 이용하여 有意性和 相關 關係를 檢定하였다.

大氣中 SO<sub>2</sub> 濃度 및 降雨量

調查 地域의 大氣中 SO<sub>2</sub> 濃度는 직접적인 관측이 어려운 가장 가까운 지역의 環境處와 林業 研究院 發表 資料(1990년)를 이용하였으며, 降雨量은 中央氣象臺 發表 資料(1980-1990년)를 이용하였다.

結果 및 考察

調查 地域의 大氣中 亞黃酸가스 濃度

表 1은 調查地域의 1990년도 月別 大氣中 亞黃酸가스 濃度를 나타낸 것으로 관악산, 남산 및 팔달산 등 都心地域에서는 모두 1-2월에 가장 높고 3월 부터 감소하기 시작하여 7-8월에 가장 낮은 濃度를 나타내었으며, 9월 이후는 다시 증가하는 경향을 보였다. 1월과 2월의 數値는 관악산, 남산, 팔달산 모두에서 서울의 環境 基準值인 0.05ppm을 上回하는 것이다. 이러한 높은 수치는 겨울철 난방에 사용된 化石 燃料에서 起因하는 汚染源의 增加때문으로 추측된다. 평창 地域의 月別 亞黃酸가스 濃度는 都心 地域에 비해 1/10 이하로 낮으며 年中 고른 濃度 分布를 보였다.

그림 1은 서울, 수원 및 평창地域의 1990년도 月別 降雨量을 나타낸 것이다. 모든 調查地域에

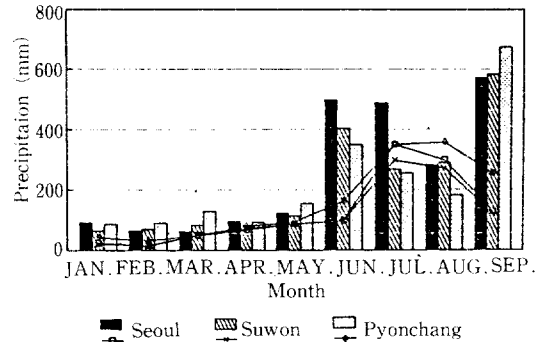


Fig. 1. Monthly precipitation in 1990 (bars) and ten year average from 1980 to 1989 (lines) in Seoul, Suwon and Pyonchang areas (Korea Meteorological Service, 1980-1990).

Table 1. Concentration of atmospheric SO<sub>2</sub> in investigated areas during January through September, 1990 (Unit : ppm)

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Average
Mt. Kwanak <sup>1</sup>	0.087	0.075	0.036	0.035	0.028	0.026	0.018	0.017	0.016	0.038
Mt. Nam <sup>1</sup>	0.065	0.064	0.043	0.039	0.030	0.022	0.013	0.015	0.021	0.035
Mt. Paldal <sup>1</sup>	0.061	0.071	0.042	0.033	0.022	0.014	0.015	0.017	0.039	0.035
Pyonchang <sup>2*</sup>	0.0066	0.0061	0.0031	0.0049	0.0062	0.0041	0.0012	0.0040	0.0065	0.005

<sup>1</sup> : from Environment Administration

<sup>2</sup> : from Forestry Research Institute

\* : Pyonchang is considered as an unpolluted area and others as polluted areas

서 우리나라의 독특한 강우 형태인 봄 時期의 적은 降雨量과 6, 7월의 集中 降雨를 보여주고 있으나, 1990년도의 경우는 봄부터 가을까지 週期的으로 예년에 비해 많은 降雨量이 기록되었으며 (10월까지 2,000mm 내외), 특히 9월에 집중호우가 있어 특이한 경향을 보였다.

降雨는 大氣中 汚染 物質의 淨化 效果를 가져오는 것으로 알려져 있는데, 표 1에서 나타난 7-8월의 낮은 亞黃酸가스 濃度 역시 화석연료 소비의 감소와 더불어 강우에 의한 大氣의 淨化작용에 영향을 받은 것으로 판단된다.

**葉中 水溶性 硫黃 含量**

表 2는 소나무와 신갈나무와의 葉中 水溶性 硫黃 含量을 地域別, 時期別로 정리한 것이다. 地域別 水溶性 硫黃 含量에서 소나무의 경우 平均 0.029%에 비해 都心地域에서 3배이상의 含量을 보였는데, 특히 서울의 한복판에 위치한 남산의 경우 平均 0.1704%로 7배 이상의 높은 含量을 나타냈다. 신갈의 경우에도 平均 0.0340%로 가장 낮았으며 都心地域은 0.06-0.08%로 平均에 비해 2배에서 3배의 높은 含量을 나타냈다.

都心の 地域別 葉中 水溶性 硫黃 含量은 調査 時期에 따라 相異하게 나타났다. 소나무의 경우 남산이 全 時期, 全 地域에서 가장 높게 나타났는데 (平均 0.1704%), 이는 배와 고(1990)의 SO<sub>2</sub> 人工處理 實驗에서 3.0 ppm으로 처리한 赤松의 葉中 水溶性 硫黃 含量(0.0892%)보다 높은 수준이며, 麗川工業團地 주변 곰솔침엽의 葉中 水溶性 硫黃 含量 조사에 對照區에 비해 훨씬 높은 수치로써 大氣汚染 발생이 심각한 곳의 含量

(0.0779-0.2359%) 수준이다(김준선, 1985). 북한산, 관악산, 팔달산간의 비교에서는 1, 3차 時期에는 有意差(5% 유의 수준)가 인정되지 않았으나 2차 時期에는 팔달산이 유의한 차이를 보였다. 신갈나무의 경우에는 1, 3차 時期에 남산, 관악산, 북한산 및 팔달산 간에 有意差가 인정되지 않았으나 2차 時期에는 남산, 팔달산, 북한산과 관악산 간에 有意差가 인정되었다.

계절별 水溶性 硫黃 含量에서는 소나무, 신갈나무 모두 1, 3차 時期가 높게 나타났는데, 이러한 경향은 大氣中 亞黃酸가스 濃度 및 降雨 狀況의 월별 변화양상과 일치했다. 그러나 이들간의 有意差는 신갈에 대해서만 1, 3차 時期와 2차 時期間에 인정되었다.

樹種間에는 소나무와 신갈간의 有意差가 인정되지 않았지만 소나무가 신갈에 비해 水溶性 硫黃 含量이 높게 나타났는데, 이는 소나무는 2년생 잎을, 그리고 신갈나무는 1년생 잎을 조사대상으로 함으로써 소나무 잎이 더 오랜 기간 동안 오염에 노출되어 신갈에 비해 葉內 蓄積量이 많았기 때문으로 추측된다. 大氣中の 汚染物質은 汚染源의 位置, 바람이나 妨害物의 存在 등에 의해 이동이 달리 일어나며, 樹木의 影響도 수목 자체의 防禦 能力이나 生理的 活性등에 따라 다르게 나타난다(Smith, 1990). 수목의 葉中 水溶性 硫黃 含量도 이러한 요소들의 영향을 받음으로 이 분야의 연구도 樹木의 自體 特性을 파악한 후 가능한 한 많은 視角, 예를 들어 葉의 樹冠內에서의 높이와 깊이, 임관내의 위치, 오염원에 대한 위치 및 방향 등에서 그 生理的 機作과 더불어 연구되어야 보다 정확한 결론을 내릴 수 있을 것이다.

**Table 2.** Contents of soluble sulphur in the leaves of *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* measured in May, August, and October of 1990 at five locations. (Unit : %)

Species	Location Period	Mt.	Mt.	Mt.	Mt.	Pyong- <sup>*</sup> chang
		Kwanak	Nam	Bukhan	Paldal	
<i>Pinus densiflora</i>	May	0.0803	0.2518	0.0809	0.0628	0.0229
	August	0.0484	0.1293	0.0835	0.1068	
	October	0.0659	0.1303	0.0811	0.0713	
	Average	0.0650	0.1704	0.0818	0.0803	
<i>Quercus mongolica</i>	May	0.0858	0.0941	0.0825	0.0845	0.0340
	August	0.0502	0.0743	0.0659	0.0644	
	October	0.0755	0.0736	0.0659	0.0852	
	Average	0.0705	0.0806	0.0691	0.0780	

\* Pyongchang is considered as an unpolluted area and others as polluted areas

**樹皮 酸度(pH)**

表 3은 소나무와 신갈의 樹皮 酸度(pH)를 나타낸 것인데, 樹皮 酸度の 경우 과학기술처의 발표 자료(과학기술처, 1987)에 비해 전체적으로 낮은 값을 나타냈다.

地域別 樹皮 酸度は 소나무의 경우 평창이 pH 3.94로 가장 높았으며 남산이 pH 3.42로 가장 낮았다. 신갈의 경우는 평창이 pH 4.93으로 가장 높았으며 북한산이 pH 3.59로 가장 낮았다. 도심내 각 地域의 樹皮 酸度は 水溶性 硫黃 含量과 달리 地域間에 비슷한 수준을 보였는데, 신갈의 경우 평창을 제외한 都心 地域間에는 有意差를 보이지 않았다.

두 수종간의 비교에서 쏘 調査시기에 걸쳐 소나무가 신갈나무에 비해 더 낮은 수치를 보였는데, 이는 Grodzinska(1975)의 結果와 일치하는 경향으로써 樹種 固有의 特性으로 인한 樹皮 酸度の 차이가 존재하는 것으로 사료된다. 전체적으로 소나무가 신갈나무에 비해서 도심과 평창간에 pH의 차이가 적었는데, 이것은 오염되지 않은 평창의 소나무 樹皮의 平均 水素이온 濃度(pH 3.94)가 오염되지 않은 신갈나무의 平均 水素이온 濃度(pH 4.93)보다 본래 10배 가량 높은 상태이기때문에 소나무가 대기오염에 의한 追加的인 酸性化 要因에 敏感하게 반응하지 않았기때문인 것으로 사료된다. 이와 같이 소나무와 신갈나무의 수피 pH가 根本적으로 10배 가량 다르다는 사실은 아마도 여러가지 街路樹 수종간에 도 큰 차이가 존재할 것으로 생각되며 그 중 수피 pH가 높은 수종은 대기오염에 의하여 민감하게 pH가 變化하므로 指標 植物로 사용될 수 있을

것으로 사료되며 따라서 이에 대한 追加 研究가 필요하다고 인정된다.

調査 時期別 樹皮 酸度は 1, 3차에 비해 2차 時期가 높은 값을 나타내어 水溶性 硫黃 含量 결과와 같은 경향을 나타냈다. 葉中 水溶性 硫黃 含量과 樹皮 酸度の 地域間 비교에서 평창과 都心 地域間에 樹皮 酸度の 차이가 水溶性 硫黃 含量차이에 비해 훨씬 커 樹皮 酸도가 더욱 大氣상황에 민감한 것으로 판단된다.

**土壤 pH**

表 4에 調査 地域別 토양 pH가 나타나있다. 調査地域別 토양 pH는 소나무 site에서 북한산, 팔달산, 남산, 관악산, 평창의 順으로 增加하였으며, 신갈 site의 경우는 북한산, 팔달산, 관악산, 남산, 평창의 順으로 증가하여 평창의 토양 pH가 가장 높게 나타났으며 都心 地域의 土壤의 酸性化가 非汚染 地域보다 더 빨리 進전되고 있다고 사료되나 대기오염과 토양 pH와의 직접적인 相關 關係는 분석할 수 없는 데 이는 조사지역이 갖는 自體 土性和 土壤의 緩衡 能力등이 조사 지역마다 相異하기 때문이다.

**大氣中 亞黃酸가스 濃度와 葉中 水溶性 硫黃 含量과 樹皮 酸도와의 相關 分析**

表 5는 소나무와 신갈나무에 대한 大氣中 亞黃

**Table 3.** pH values of bark in *Pinus densiflora* and *Quercus mongolica* measured in May, August and October of 1990 at five locations.

Species	Location Period	Mt.	Mt.	Mt.	Mt.	Pyong- chang*
		Kwanak	Nam	Bukhan	Paldal	
<i>Pinus densiflora</i>	May	3.57	3.54	3.70	3.67	3.94
	August	3.63	3.64	3.86	3.61	
	October	3.22	3.09	3.17	3.26	
	Average	3.47	3.42	3.58	3.51	
<i>Quercus mongolica</i>	May	3.74	3.66	3.69	3.79	4.93
	August	3.85	3.87	3.77	3.87	
	October	3.38	3.35	3.32	3.60	
	Average	3.66	3.63	3.59	3.76	

\* Pyongchang is considered as an unpolluted area and others as polluted areas.

**Table 4.** pH values of soil in investigated areas

Areas Species	Mt. Kwanak	Mt. Nam	Mt. Bukhan	Mt. Paldal	Pyong- chang
<i>Pinus densiflora</i>	4.85	4.77	4.09	4.62	4.86
<i>Quercus mongolica</i>	4.49	4.85	4.38	4.26	4.90

**Table 5.** Correlation coefficients among atmospheric SO<sub>2</sub> concentration, soluble sulphur contents and bark pH in the *Pinus densiflora*, *Quercus mongolica* and combined data of two species

correlation coefficients	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Quercus mongolica</i>	combined data of two species
SO <sub>2</sub> conc. -Soluble S (air) (leaves)	0.5056**	0.8047 **	0.5159**
SO <sub>2</sub> conc. -bark pH (air)	-0.5090**	-0.6425**	-0.5192**
Soluble S-bark pH (leaves)	-0.3345**	-0.7850**	-0.3977**

\* : p>0.05  
\*\* : p>0.01

酸가스 농도와 葉中 水溶性 硫黃 含量과 樹皮 酸度 사이의 相關係數를 나타낸 것이다. 調査時期 및 樹種에 따른 大氣中 亞黃酸 가스濃도와 葉中 水溶性 硫黃 含量과 樹皮 酸度の 相關 分析에서는 모두 높은 相關係數를 나타냈다. 소나무와 신갈 모두에서 大氣中 亞黃酸가스와 葉中 水溶性 硫黃 間에는 正의 相關이, 大氣中 亞黃酸가스와 樹皮 酸度間에는 負의 相關이 인정 되었는데 (P>0.01), 특히 신갈나무에서 높은 相關 關係를 보였다. 이는 大氣中 亞黃酸가스 濃도가 樹皮 酸度 및 조직내 水溶性 硫黃 含量에 강한 영향을 준 것으로 인정된다.

引 用 文 獻

- Grether, D.F. 1975. The effect of a high-stack coal burning power plant on the relative pH of the superficial bark of hard wood trees. Proceedings of the 1st international symposium on acid precipitation and the forest ecosystem. Columbus, Ohio, U.S.A. 913-918.
- Grodzinska, K. 1971. Acidification of tree bark as a measure of air pollution in Southern Poland. Bull. Acad. Sc. Pol., Cl. 2, 19 : 189-195.
- Grodzinska, K. 1975. Acidity of tree bark as a bioindicator of forest pollution in Southern Poland. Proceedings of the 1st international symposium on acid precipitation and the forest ecosystem. Columbus, Ohio, U.S.A. 905-912.
- Hartel, O. and D. Grill. 1972. The conductivity of *Picea abies* bark extracts as a sensitive indicator of air pollution. Eur. J. For. Path. 2(4) : 205-215.
- Kozlowski, T.T. and H.A. Constantinidou. 1986. Responses of woody plants to environmental pollution. For. Abst. 47 : 5-51.
- Kozlowski, T.T. and H.A. Constantinidou. 1986. Environmental pollution and tree growth. For. Abst. 47 : 105-132.
- Lab. for Anal. Fertilizer Chem. 1971. Distribution of sulphur and its morphology in plants which have absorbed aerial SO<sub>2</sub> gas. Ann. Report. Inst. Agr. Sci. Minst. Agric. For. Fiscal 15-20.
- Ratsch, H.C. 1974. Sulphur content of Douglas-fir foliage near a paper mill. US EPA. EPA 660/3-74-018.
- Smith, W.H. 1990. Air Pollution and Forests (second ed.), Springer-Verlag, New York. 618 p
- Solberg, R.A. and D.F. Adams. 1956. Histological response of some plant leaves to hydrogen fluoride and sulphur dioxide. Am. J. Bot. 43 : 755-760.
- Staxang, B. 1969. Acidification of bark of some
- 과학기술처. 1987. 대기오염과 산성우가 산림생태계에 미치는 영향. p78.
- 김재봉·배정오·고강석·김정구·박재주·지준성. 1985. 대기오염이 식물에 미치는 영향에 관한 실험적 연구(II). 국립환경연구원
- 김종갑·김재생. 1989. 대기오염지역의 삼림식생구조와엽내 오염물질 함량에 관한 연구. 한국임학회지 78 : 360-371.
- 김준선. 1985. 대기오염이 여천공업단지 주변의 곰솔림에 미치는 영향. 서울대학교 석사논문집.

16. 농업기술연구소. 1988. 토양화학 분석법. 기술처 연구보고서 pp.22.
17. 배정오·고강석. 1990. SO<sub>2</sub>가 식물에 미치는 영향. p55-86. 90 심포지움 자료집 (식물과 환경. 한국 생태학회 및 한국 식물학회).
18. 이경재·배정오·고강석·우중서. 1989. 울산공단지역에서의 대기오염이 삼림에 미치는 영향(I). 대기오염에 의한 곰솔피해. 과학기술처 연구보고서 pp.22.
19. 작물분석위원회 편. 1975. 재배작물 분석법. 양현당. p.86-96.
20. 장남기·이운상·신은영. 1990. 서울지역의 대기오염이 강수와 생물에 미치는 영향. I. 지역별 강수의 산성화에 관하여. 한국 생태학회지 13(2) : 131-142.