

## 造景樹木의 大氣汚染物質에 대한 被害反應(II)

— 葉被害와 Ethylene 發生量을 중심으로 —<sup>1</sup>

金明姬<sup>2</sup> · 李壽煜<sup>3</sup>

## Injury Responses of Landscape Woody Plants to Air Pollutants

— Visible Injury and Ethylene Production —<sup>1</sup>

Myung Hee Kim<sup>2</sup> and Soo Wook Lee<sup>3</sup>

### 要 約

SO<sub>2</sub>에 의한 造景樹木들의 被害의 感受性を 조사하기 위하여 無處理, 0.5, 1.5 및 2.5ppm의 SO<sub>2</sub> 가스를 각각 하루에 4時間씩 6日間 處理하면서 可視被害率과 內生 ethylene 發生量을 測定, 分析하였다. SO<sub>2</sub> 濃도에 따른 苗木들의 可視被害率은 0.5ppm 이하에서는 調査對象 樹種 모두 被害症狀이 없었으며, 1.5와 2.5ppm 水準에서 經時的으로 變化가 나타났는데, 高濃度 일수록 被害率이 높았으며, 平均 被害率은 튼린나무가 가장 높았고 다음으로 스트로브잣나무, 은행나무, 소나무, 잣나무의 順이었다. SO<sub>2</sub> 處理에 의한 內生 ethylene의 發生量을 보면, 高濃度 處理區에서는 低濃度에서보다 ethylene의 發生量이 많았으며, 發生量 最大點에 도달되는 時間도 빨랐다. Ethylene 發生量은 튼린나무가 은행나무에서보다 많았으며, 침엽수류에서는 스트로브잣나무, 소나무, 잣나무 順으로 많았다. 특히 可視被害率이 80% 以上이었던 스트로브잣나무는 可視被害率이 增加함에 따라 ethylene 發生量도 直線的으로 增加하다가 可視被害率이 40-50% 이상에 도달한 이후 ethylene 發生이 오히려 減少하는 傾向을 나타내었다.

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate sensitivity of tree seedlings to SO<sub>2</sub>. Visible injury symptoms and changes of ethylene production were investigated in tree seedlings with the fumigation of SO<sub>2</sub> in gas chamber 4 hours a day for six days. The symptoms of visible injury did not appear below 0.5ppm level of SO<sub>2</sub> exposure but a change of visible injury with the passage of time appeared at 1.5 and 2.5ppm in all seedlings. With the higher the concentration and/or the longer exposure of SO<sub>2</sub> the visible injury symptoms on leaves increased in all seedlings. The sensitivity of seedlings to SO<sub>2</sub> was the highest in *Liriodendron tulipifera* followed by *Pinus strobus*, *Ginkgo biloba*, *Pinus densiflora* and *Pinus koraiensis*. The amount of ethylene production was more at 1.5 and 2.5ppm of SO<sub>2</sub> exposure than at 0.5ppm and the peak time of it came faster at higher levels. The amount of ethylene production was significantly different among tree seedlings. It showed a higher at production of ethylene in *Liriodendron tulipifera* compared to *Ginkgo biloba* and the ethylene production of *Pinus* trees to SO<sub>2</sub> were the highest in *Pinus strobus* followed by *Pinus densiflora* and *Pinus koraiensis*. In

<sup>1</sup> 接受 1993年 5月 30日 Received on May 30, 1993.

<sup>2</sup> 中部大學校 Joongbu University, Majon, Chungnam, Korea.

<sup>3</sup> 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungnam National University, Tajeon, Korea.

needle of *Pinus strobus* the ethylene production increased with the increasing rate of visible injury until the injury rate of 40-50% and than decreased with the increasing rate of visible injury since the rate of 50%.

*Key words* : Visible injury, ethylene production, fumigation, sensitivity

## 緒 論

植物에 被害를 미치는 주원인이 되는 大氣汚染物質로는 亞黃酸가스(SO<sub>2</sub>), 酸化窒素(NO<sub>x</sub>), 弗化水素(HF), 炭化水素(HC), ozone(O<sub>3</sub>), PAN(peroxy acetyl nitrate), ethylene 및 重金屬類 등이 있다. 이러한 汚染物質들은 植物體에 여러 가지 生理的, 生化學的 과정 및 細胞內의 組織構造에 해로운 영향을 미친다<sup>3,7,11,18,20,24,29</sup>. 亞黃酸가스에 의한 植物의 可視被害의 정도는 SO<sub>2</sub> 吸收量과 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 亞黃酸가스에 의한 植物被害는 그 발생과정으로 보아서 可視被害와 不可視被害로 나눌 수 있다. Chlorosis, necrosis 등과 같은 可視被害는 高濃度의 가스에 의해서 短時間에 나타나는 急性被害와 低濃度로 장시간에 걸쳐 일어나는 慢性被害로 나누어 생각할 수 있다.<sup>21,31</sup>.

汚染物質에 의한 植物의 可視被害에 영향을 미치는 인자는 植物의 種類나 品種 等 植物自體의 遺傳的 要因과 環境的 要因으로 크게 나눌 수 있다. Adedipe<sup>11</sup>는 여러 種의 花卉類에 대하여, 喪와 高<sup>22</sup>는 여러 種의 樹木에 대하여 SO<sub>2</sub>를 接觸시킨 후, 植物의 種類에 따라 SO<sub>2</sub>에 대한 植物의 感受性이 다름을 보고하였다. SO<sub>2</sub> 接觸에 의한 被害의 정도는 植物의 種類뿐만 아니라 같은 種內에서도 品種에 따라 差異를 보인다<sup>7</sup>. 또 SO<sub>2</sub>에 대한 植物의 可視被害 정도는 同一한 品種 및 同一한 個體 中에서도 部位別로 다르게 나타나기도 한다<sup>3</sup>. 環境要因으로는 溫度, 濕度, 光, 風速<sup>5,14,23</sup>, 土壤 特性, 다른 動植物이나 사람의 영향 및 汚染物質의 種類와 濃度 그리고 接觸時間 등이 있다<sup>4,12,13</sup>. Katz와 McCallum<sup>17</sup>에 의하면, 針葉樹의 경우 18-40℃의 溫度 範圍內에서는 低溫일 때보다 高溫에서 SO<sub>2</sub>에 대한 感受性이 높았고, 4-18℃의 溫度 範圍內에서는 溫度에 따른 感受性의 差異는 없었으며, 4℃ 以下에서는 抵抗性이 현저히 증가한다고 하였다. Juhren 等<sup>16</sup>은 植物이 適定 光度下에서 자랄 때, 16時間

의 光週期에서보다 8시간의 光週期에서 자란 植物이 smog에 대한 感受性이 더 크게 나타났다고 하였다. SO<sub>2</sub> 接觸에 의하여 나타나는 被害의 정도는 물론 SO<sub>2</sub>의 濃도와 接觸時間이 증가함에 따라 甚해진다<sup>4</sup>.

Ethylene은 正常狀態의 植物에서도 비교적 少量으로 발생하고 있으나 植物體가 被害를 입거나, 機械的 刺戟, 物理的 傷害, 冷害 等を 받게 되는 경우나, auxin類의 除草劑나 기타 有害한 化學物質에 접하게 되면 많은 量이 發生된다<sup>3,22,26,32</sup>. 또한 ethylene 生成은 O<sub>3</sub>과 SO<sub>2</sub> 같은 大氣汚染物質에 노출된 植物에서도 발생하는 것으로 보고되어 왔다<sup>6,25</sup>. 이렇게 발생된 ethylene은 가스상태이기 때문에 생성되는 植物自體에만 국한되지 않고 주위의 植物에게도 영향을 미칠 것으로 추측되고 있다. 具<sup>10</sup>는 植物種間에 SO<sub>2</sub>에 대한 感受性을 ethylene 發生 하나만으로 결정짓는 것은 어려울 것으로 보이나, 發生의 多少, 發生時間의 早晚은 品種間의 感受性을 결정짓는 유용한 測定法이 될 것임을 示唆한 바 있다.

I보연구(한림지 82권 3호)에서는 야외지역에서 채취한 몇 種의 針·闊葉樹 葉內의 硫黃含量과 重金屬 含量을 측정, 분석하여 樹木들에 의한 汚染物質의 吸着, 淨化能力을 주로 조사하였고, 本 연구는 大氣汚染物質, 특히 亞黃酸가스에 대한 造景樹木들의 感受性 정도를 파악하기 위하여 접촉상에서 SO<sub>2</sub> 가스를 處理한 후, 일의 可視被害率과 ethylene 發生量을 측정하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 供試材料 및 處理方法

SO<sub>2</sub> 處理를 위한 pot 實驗에 사용된 樹種은 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*P. koraiensis*) 및 스트로브잣나무(*P. strobus*) 3種의 針葉樹와 은행나무(*Ginkgo biloba*), 튜립나무(*Liriodendron tulipifera*) 2種의 闊葉樹로서 잣나무, 스트로브 잣나무, 은행나무 및 튜립나무는 2年生 苗木이었고 소나무는 3年生 苗木이었다. 培養土

는 황토(2) : 모래(2) : vermiculite(0.5) : perlite(0.5) : peatmoss(0.5) (V/V)의 混合土壤으로서 이를 넣은 直徑 13cm의 vinyl pot에 75-85주식 苗木들을 이식하여 vinyl house內에서 5個月 동안 生育시킨 후, 7月末-8月末에 가스를 接觸시키고 시료를 채취하였다.

가스 接觸箱은 아크릴판과 합판을 사용하여 180×90×90cm의 크기로 제작하였다. SO<sub>2</sub> gas 통에 flowmeter를 연결하고 중간에 pinch cork을 달아 gas의 흐름을 조절하면서 3개의 fan으로 gas와 공기를 혼합하여 순환되도록 하였다. 가스 處理時 接觸箱內의 SO<sub>2</sub> 濃度는 Pulsed fluorescent analyzer(Thermo. Electron Co.)를 사용하여 측정하였다. 接觸箱의 溫度는 28±2°C, 濕度는 60-70%였으며, 光源은 水銀燈과 白熱燈을 사용하여 PAR 180μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>로 調節하였다. 모든 樹種은 각 樹種別로 生育 狀態에 따라 3群 혹은 4群으로 均등히 나눈 후에 각 群에서 5-6個體씩 선정하여 1個 處理區에 18個體 또는 21個體로 하여 가스를 接觸시켰다. SO<sub>2</sub> 處理濃度 水準은 無處理, 0.5, 1.5 및 2.5ppm으로 각각 하루에 4時間씩 6日間 處理하였다.

2. 調査方法

1) 被害率 : Pot 苗木들에 가스 處理 20時間 후 小枝別로 잎마다의 可視被害率을 5% 간격으로 나누어 표기한 후, 被害等級을 被害없음, 1-20% 被害, 21-40% 被害, 41-60% 被害, 61-80% 被害, 81-100% 被害로 나누어 표시하였다.

2) Ethylene 發生 : Pot 苗木에 SO<sub>2</sub> 處理 후, 일정 부위의 잎을 채취하여 소량의 蒸溜水를 넣은 30ml의 試驗管에 담아 parafilm으로 密封하여 25°C의 恒溫器에 보관 후, 1ml의 syringe로 가스를 채취하여 Gas chromatography를 사용하여 FID로 定量 하였다<sup>30)</sup>.

結果 및 考察

1. 可視被害率

SO<sub>2</sub> 濃度에 따른 苗木들의 可視被害 進行 정도를 闊葉樹는 葉面積當 chlorosis 비율을, 針葉樹는 小枝當 chlorosis 비율을 각각 測定 기록하여 合算 平均하여 살펴 본 결과, SO<sub>2</sub> 0.5ppm에서는 5樹種 모두 可視被害의 出現이 없었고,

SO<sub>2</sub> 1.5ppm과 2.5ppm에서 可視被害가 나타났는데 각 處理區에서의 經時的인 可視被害의 變化는 그림 1, 2와 같다. 은행나무는 식물분류학상으로 裸子植物에 속하나, 본 연구에서는 汚染物質의 흡수, 축적 狀態가 闊葉樹와 유사하기 때문에 珉棘나무(闊葉樹)와 비교 說明하였다. 平均 被害率의 順位가 針葉樹는 스트로브잣나무→소나무→잣나무의 順으로 나타났는데, 스트로브잣나무가 被害率이 높은 것으로 보아 SO<sub>2</sub>에 대한 感受性이 큰 것을 알 수 있으며 可視被害가 제일

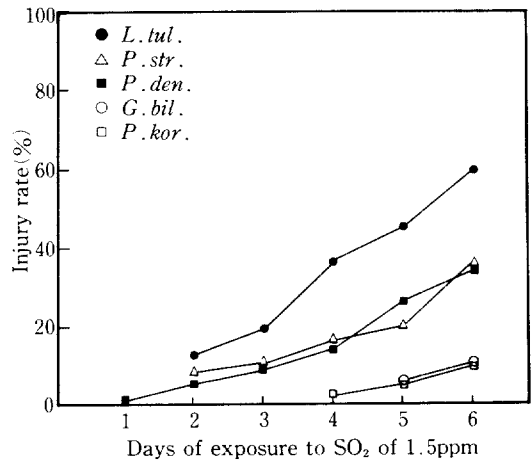


Fig. 1. Developments of visual injury in five tree species exposed to 1.5ppm SO<sub>2</sub> for 4 hours a day for 6 days.

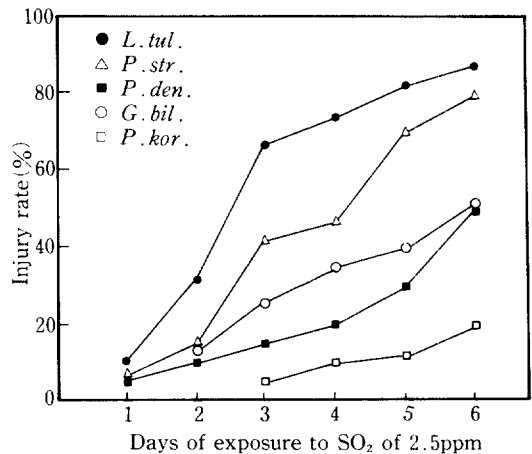


Fig. 2. Developments of visual injury in five tree species exposed to 2.5ppm SO<sub>2</sub> for 4 hours a day for 6 days.

낮은 잣나무는 SO<sub>2</sub>에 강한 것으로 생각 된다. 이러한 결과는 襲와 高<sup>2)</sup>가 밝힌 SO<sub>2</sub>에 대한 樹木의 抵抗性 정도와 일치하고 있다. 또한 闊葉樹에서는 은행나무보다 튜립나무에서 훨씬 被害率이 높게 나타났다. SO<sub>2</sub> 1.5ppm(그림 1)과 2.5 ppm(그림 2)에서의 可視被害度의 양상을 비교하여 보면, 은행나무의 경우 1.5ppm 處理區보다 2.5ppm 處理區에서 被害率이 월등히 높아진 것을 제외하고는 다른 樹種에서는 2.5ppm에서 피해의 정도가 다소 증가했을 뿐, 그 양상은 1.5 ppm 處理區와 유사한 것으로 나타났다. 개체간의 차이는 수종마다 다소 차이는 있지만 평균치에서 ±2-7% 차이를 나타내었다.

2. Ethylene 發生量

SO<sub>2</sub> 영향으로 인한 5樹種의 ethylene 發生量을 조사한 결과는 表 1과 같다. SO<sub>2</sub>를 處理하지 않은 無處理區에서 소나무와 스트로브잣나무 사이에는 差異가 없는 반면, 잣나무는 이들에 비하여 유의적으로 낮은 값을 나타냈다. 다섯가지 供試植物 모두 SO<sub>2</sub> 處理에 의하여 ethylene 發生量이 증가하였다. 소나무와 잣나무는 SO<sub>2</sub>에 의하여 ethylene 發生이 크게 증가하지 않았으나, 스트로브잣나무의 경우에는 ethylene量이 12-23배까지 크게 증가되는 것이 관찰되었다. 無處理區에서는 은행나무와 튜립나무간에 有意的 差異가 인정되었으며 處理區에서는 은행나무보다 튜립나무에서 ethylene 발생량이 5-10배 더 높았다. SO<sub>2</sub> 處理에 의한 葉令別 ethylene 發生은 소나무와 잣나무에서는 葉令間에 有意的 差異가 나타나지 않았으나, 스트로브잣나무에서는 1年生잎과 2年

生잎간에 高度의 有意的 差異가 나타났다.

소나무에서는 無處理區와 處理區間에는 有意的 差異가 인정되었으나 處理濃度 0.5, 1.5 및 2.5 ppm 間에는 有意的이 나타나지 않았다. 잣나무에서는 SO<sub>2</sub> 處理濃도가 높아짐에 따라 ethylene 發生이 有意的인 差異를 가지고 증가하였으며, 스트로브잣나무에서는 處理濃도가 높아짐에 따라 다량의 ethylene이 발생하였으나, 0.5와 1.5ppm 處理區間에는 有意的이 나타나지 않았다. 은행나무와 튜립나무에서는 無處理區와 處理區間에 有意的이 나타났으나, 0.5와 1.5ppm 處理區間에는 有意的이 나타나지 않았다. Bressan 等<sup>7)</sup>은 오이에 SO<sub>2</sub> 處理 결과, 處理濃도와 ethylene 生産量間에 正의 相關이 있었으며, 또한 ethylene 生成과 SO<sub>2</sub> 吸收 또는 可視被害率間에 유사한 相關이 있으며, 可視被害率과 ethane 發生間의 相關을 사용하여 오이品種의 抵抗性을 선별할 수 있다고 하였다. 또한 SO<sub>2</sub> 處理 후에 一定量의 SO<sub>2</sub>에 대하여 吸收된 SO<sub>2</sub> 量은 어린 잎에서 더 많았음에도 불구하고 어린 잎보다 오래된 잎에서 피해가 더 많았으며 ethylene 生成量 또한 더 많았음을 관찰하고 ethylene 生成은 SO<sub>2</sub> 吸收率뿐만 아니라 피해에 대한 잎의 感受性에 의해서도 좌우된다고 하였다.

SO<sub>2</sub> 處理濃도와 處理時間에 따른 ethylene 發生의 변화를 잣나무와 스트로브잣나무 1年生잎에서 살펴 본 결과는 그림 3과 같다. 잣나무 1年生 잎에서는 대체적으로 處理濃도가 높아짐에 따라 ethylene 發生量이 증가하였으며, ethylene 發生의 最大點은 低濃度(0.5ppm) 處理時보다 高濃度(1.5, 2.5ppm) 處理時에 더 빨리 나타나고 있

Table 1. Ethylene productions in five tree species exposed to different concentrations of SO<sub>2</sub> 4 hours a day for 6 days. (unit : nl/g/hr)

Species	Control	SO <sub>2</sub> concentration (ppm)		
		0.5	1.5	2.5
<i>Pinus densiflora</i>				
current year needles	3.43	7.32	7.75	6.33
2nd year needles	4.35	8.66	5.82	6.42
<i>Pinus koraiensis</i>				
current year needles	1.79	1.49	2.97	5.19
2nd year needles	0.66	1.93	3.34	3.47
<i>Pinus strobus</i>				
current year needles	4.61	72.65	70.34	87.70
2ns year needles	2.41	37.98	30.18	56.13
<i>Ginkgo biloba</i>	0.18	0.42	0.46	3.45
<i>Liriodendron tulipifera</i>	1.11	4.20	5.45	16.89

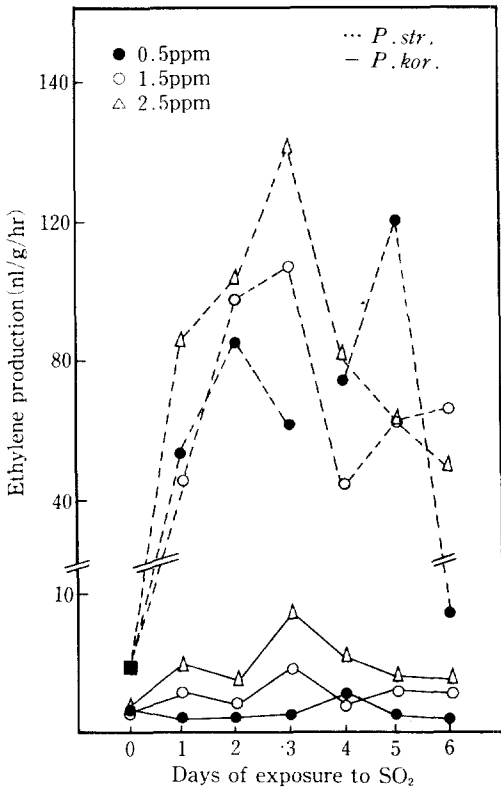


Fig. 3. Ethylene productions in current year needle of *Pinus strobus* and *Pinus koraiensis* exposed to different concentrations of  $SO_2$  for 4 hours a day for 6 days.

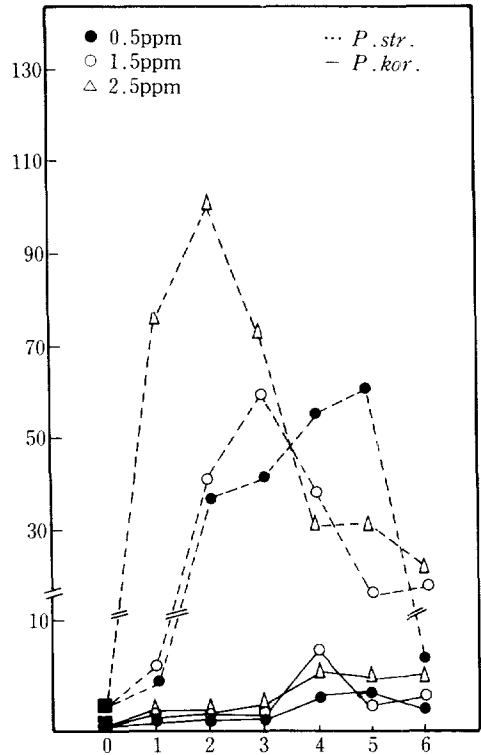


Fig. 4. Ethylene productions in 2nd year needle of *Pinus strobus* and *Pinus koraiensis* exposed to different concentrations of  $SO_2$  for 4 hours a day for 6 days.

다. 스트로브잣나무 1년생잎에서의 ethylene 發生量 변화는 無處理區에서보다 處理區에서 ethylene 發生이 모두 크게 증가하였으며 ethylene 發生의 변화 양상은 잣나무에서와 유사하다. 그림 4는 잣나무와 스트로브잣나무 2년생잎에서의 ethylene 發生量 변화이다. 스트로브잣나무 2년생잎의 ethylene 發生量 最大點은 處理濃度別로 0.5ppm에서는 5日 處理 후, 1.5ppm에서는 3日 處理 후, 2.5ppm에서는 處理 2日째에 最大點에 이른다. 특히, 0.5ppm과 1.5ppm 處理에서는 ethylene 發生量이 서서히 증가하다가 감소하는 경향이 나타난 반면, 2.5ppm 處理에서는 處理 1日째에 급격히 증가하다가 2日째에 最大點에 달한 후에 급격한 감소를 나타내고 있다. 그림 5는 은행나무와 튼나무에서  $SO_2$  處理濃도와 處理時間에 따른 ethylene 發生量 변화이다. 은행나무에서는 0.5ppm 處理時 處理 4日째에

ethylene 發生量이 最大點에 이르렀고, 1.5와 2.5ppm 處理時에는 處理 3日째에 最大點에 이르렀다. 1.5와 2.5ppm 處理區間을 비교하여 볼 때, 2.5ppm 處理時에 훨씬 더 많은 ethylene量이 發生하였다. 튼나무에서는 0.5ppm과 1.5ppm 處理時 處理 3日째 ethylene 發生量이 最大에 이르렀고 2.5ppm 處理時에는 處理 2日째 最大點에 이른 후 급격히 감소하였다. 따라서 같은 濃度 處理時에 은행나무보다는 튼나무에서 ethylene 發生量이 많았으며, ethylene 最大 發生點도 더 빨리 나타남을 알 수 있다. 이것은 具<sup>10)</sup>가 개나리, 튼나무, 해바라기 등에  $SO_2$  2.5ppm과 5ppm을 處理한 결과 나타난 양상과 유사하였다.

馬場과 酒井<sup>19)</sup>은  $SO_2$  接觸時 피해 정도가 큰 大麥에서 피해가 적은 小麥에 비하여 다량의 ethylene이 發生됨을 보고하였다. 松島<sup>27,28)</sup>는 樹木에서  $SO_2$ 에 의한 可視被害의 發生이 없이 부

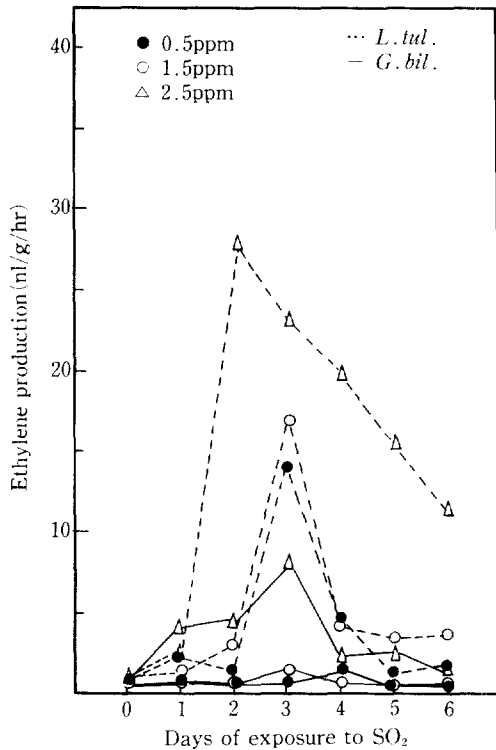


Fig. 5. Ethylene productions in leaves of *Ginkgo biloba* and *Liriodendron tulipifera* exposed to different concentrations of SO<sub>2</sub> for 4 hours a day for 6 days.

期 落葉이 유발되는 원인을 内生 ethylene 發生이 촉진되기 때문인 것으로 추측하였다. 井上<sup>15)</sup>은 O<sub>3</sub> 接觸에 의하여 발생하는 ethylene을 吸收劑로 제거함으로써 樹木의 落葉을 억제할 수 있었다고 했다. 또한 具<sup>10)</sup>는 植物種 間에 SO<sub>2</sub>에 대한 感受性을 ethylene 發生 하나만으로 결정짓는 것은 어려울 것으로 보이나, 發生의 多少, 發生時間의 早晚은 品種間의 感受性을 결정짓는 유용한 測定法이 될 것임을 시사한 바 있다. 본 조사에서도 SO<sub>2</sub> 處理時 針葉樹類중 스트로브잣나무는 다른 두 樹種과 비교하여 ethylene 發生량이 월등히 많았으며, ethylene 最大 發生 時間도 두 樹種에 비하여 빠른 것으로 나타났으므로 SO<sub>2</sub>에 대하여 3樹種中 感受性이 가장 큰 것으로 생각된다. Ethylene 測定은 매우 客觀的인 測定方法이며, 測定時 단지 小量의 組織만이 필요하여 나머지 試料를 피해 과정에 관한 遺傳學, 生理學, 生化學的 연구에 이용 가능하여, 피해 進

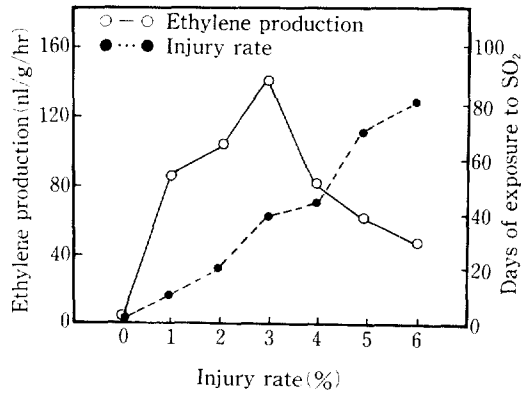


Fig. 6. Ethylene productions and visual injury in current year needle of *Pinus strobus* at 2.5 ppm SO<sub>2</sub> concentration for 4 hours a day for 6 days.

행 과정에 따라 반복된 sampling을 수행할 수 있으며, 可視被害가 나타나기 전에 被害 開始를 예측할 수 있는 장점이 있기 때문에<sup>6)</sup>, ethylene 測定을 통하여 각종 植物의 感受性 정도를 결정할 수 있을지에 관한 폭넓은 조사가 필요하다고 思料된다.

Tingey 等<sup>30)</sup>은 O<sub>3</sub>에 의한 피해 발생의 경우 O<sub>3</sub>의 濃度 증가에 따라 ethylene 發生量이 직선적으로 증가되는 것을 보고 ethylene이 피해 정도를 결정지을 수 있는 척도가 될 수 있다고 하였는데, 本 試驗에서는 SO<sub>2</sub> 濃度 증가에 따라 ethylene 發生과 可視被害率間에 直線의 相關關係는 나타나지 않았고, 그림 6에 나타난 것처럼 SO<sub>2</sub> 2.5ppm 處理時, 可視被害率이 80% 까지 나타난 스트로브잣나무에서, 가스의 累積의 處理에 의하여 可視被害率은 계속 증가하는 반면, ethylene 發生은 處理 후 급격히 증가하다 處理 3日째에 最大點에 달한 후 다시 크게 감소하고 있음이 관찰 되었다. 즉, 可視被害率이 40-50% 이상으로 증가함에 따라 ethylene 發生量은 감소하고 있다. 또한 可視被害率이 1.5ppm과 2.5 ppm 處理時 각각 60%, 87% 까지 진행된 튜립 나무(그림 6)에서의 ethylene 發生量과 可視被害率間의 關係를 보면 스트로브잣나무와 같이 可視被害率은 계속 증가하고 있는 반면, ethylene 發生量은 處理 開始 후에 증가하다가 最大點에 도달된 후에 다시 급격히 떨어져 處理前 水準까지 떨어지는 현상이 관찰되었다. 단지 1.5ppm 處理

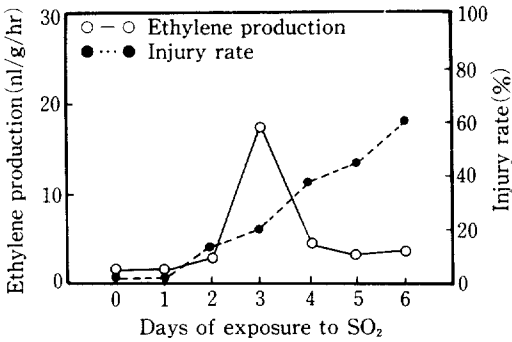


Fig. 7. Ethylene productions and visual injury in leaves of *Liriodendron tulipifera* at 1.5ppm SO<sub>2</sub> for 4 hours a day for 6 days.

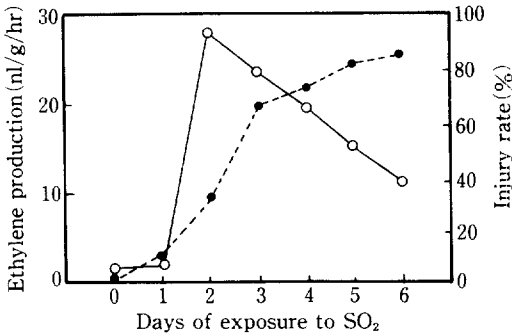


Fig. 8. Ethylene productions and visual injury in leaves of *Liriodendron tulipifera* at 2.5ppm SO<sub>2</sub> for 4 hours a day for 6 days.

時(그림 7)보다 2.5ppm 處理時(그림 8)에 可視被害率도 높았으며, ethylene 發生量도 많았고, 可視被害率과 ethylene 發生量間의 교차점이 약간 빠른 것으로 나타났다.

Bressan 等<sup>9)</sup>은 호리병박(cucurbits)잎 組織에 SO<sub>2</sub>나 bisulfite solution을 處理한 결과, 약간 피해받은 잎에서는 ethylene 生成이 크게 증가하다가 심하게 피해받은 잎에서는 감소됨을 발견했다. 또한 Peiser 等<sup>25)</sup>도 ethane 生成率은 可視被害와 相關關係가 있음을 보인 반면, ethylene 生成은 可視被害가 40-50% 未滿일 때만 相關關係가 있고, 可視被害가 잎의 절반 이상을 침해할 때는 오히려 ethylene 生成률이 감소함을 보고했다. 또한, Elstner와 Konze<sup>9)</sup>는 stress 또는 damage가 ethylene을 生成하는지 ethane을 生成하는지를 결정하기 위한 freezing 實驗에서,

frozen area가 0에서 100%로 증가함에 따라 ethane 生成은 직선적으로 증가하였으나 대조적으로, frozen area가 50% 이상 증가함에 따라 ethylene 生成은 감소함을 관찰하고, ethylene 生成은 아직 죽지 않은 組織에서 발생하고 ethane은 죽은 細胞에서 생성된다고 하였는데, 본 연구 결과들은 이들 결론들과 잘 일치되고 있다.

### 結 論

以上の 結果들을 考察해 볼 때 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1. SO<sub>2</sub> 濃도에 따른 苗木들의 可視被害率은 0.5 ppm 이하에서는 全樹種 被害症狀이 없었으며, 1.5와 2.5ppm 水準에서 經時的으로 變化가 나타났는데, 高濃度 일수록 被害率이 높았다.
2. 平均 被害率은 튜립나무가 가장 높았고 다음으로 스트로브잣나무, 은행나무, 소나무, 잣나무의 順이었다.
3. SO<sub>2</sub> 處理에 의한 内生 ethylene의 發生量은, 高濃度 處理區에서는 低濃度에서보다 ethylene의 發生量이 많았으며, 發生量 最大點에 도달되는 時間도 빨랐다.
4. Ethylene 발생량은 튜립나무가 은행나무에서 보다 많았으며, 침엽수류에서는 스트로브잣나무, 소나무, 잣나무 順으로 많았다.
5. 可視被害率이 80% 이상이었던 스트로브잣나무는 可視被害率이 增加함에 따라 ethylene 發生量도 直線的으로 增加하다가 可視被害率이 40-50% 이상에 도달한 이후 ethylene 發生이 오히려 減少하는 傾向을 나타내었다.

### 引 用 文 獻

1. Adedipe, N.O., R.E. Barrett, and D.P. Ormrod. 1972. Phytotoxicity and growth responses of ornamental bedding plants to ozone and sulfur dioxide. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 341-345.
2. 배정오·고강석. 1990. SO<sub>2</sub>가 植物에 미치는 影響. 심포지움 및 워크샵. 主題: 植物과 環境 汚染. pp.63-86.
3. Barrett, T.W. and H.M. Benedict. 1970. Sulfur

- dioxide : In recognition of air pollution injury to vegetation : A Pictorial Atlas. Edited by J.S. Jacobson and A.C. Hill. pp.C1-C10. Air Pollution Control Association, Pittsburgh, Pennsylvania.
4. Berry, C.R. 1970. Relative sensitivity of red, jack, and white pine seedlings to ozone and sulfur dioxide. *Phytopathology* 61 : 231-232.
  5. Brennan, E. and I. Leone. 1968. The response of plants to sulfur dioxide or ozone-polluted air supplied at varying flow rates. *Plant Pathol.* 58 : 1661-1669.
  6. Bressan, R.A., L. LeCureus, L.G. Wilson, and P. Filner. 1979. Emission of ethylene and ethane by leaf tissue exposed to injurious concentrations of sulfur dioxide or bisulfite ion. *Plant Physiol.* 63 : 924-930.
  7. Bressan, R.A., L.G. Wilson, and P. Filner. 1978. Mechanisms of resistance to sulfur dioxide in the *cucurbitaceae*. *Plant Physiol.* 61 : 761-767.
  8. Costonis, A.C. 1970. Acute foliar injury of eastern white pine induced by sulfur dioxide and ozone. *Phytopathology* 60 : 994-999.
  9. Elstner, E.F. and JR Konze. 1976. Effect of point freezing on ethylene and ethane production by *sugar beet* leaf disk. *Nature* 263 : 351-352.
  10. 具滋馨. 1984. 大氣汚染物質이 觀賞植物에 미치는 被害 및 被害輕減에 關한 研究. 慶北大學校 農學博士學位論文. pp.1-41.
  11. Hallgren, J.E. 1978. Physiological and biochemical effects of sulfur dioxide on plants. In *Sulfur in the Environment*. Edited by J.O. Nriagu, pp.163-209. A Willey-Interscience Publication. John Willey & Sons, U.S.A.
  12. Heck, W.W. 1968. Factors influencing expression of oxidant damage to plants. *Ann.Rev. Phytopathol.* 6 : 165-188
  13. Heck, W.W., J.A. Dunning, and I.J. Hindawi. 1965. Interactions of environmental factors on the sensitivity of plants to air pollution. *J. Air Poll. Control Asso.* 15 : 511-515.
  14. 齊藤隆辛. 1974. 葉の亞硫酸カス吸収におよぼす光および風の影響について. *大氣汚染研究* 9 : 1-4.
  15. 井上徹雄. 1974. オゾンによる内生エチレンと樹木の落葉現象の關係. *大氣汚染研究* 9 : 375.
  16. Juhren, M., W.M. Noble and F.W. Went. 1957. The standardization of *Poa annua* as an indicator of smog concentrations. I. Effects of temperature, photoperiod, and light intensity during growth of test-plants. *Plant Physiol.* 32 : 576-586.
  17. Katz, M. and A.W. McCallum. 1952. The effect of sulfur dioxide on conifers. Edited by L. C. McCabe. *Air Pollution*, pp.84-96.
  18. Kondo, N. 1979. Physiological responses involved in defense against SO<sub>2</sub> phytotoxicity. *Res. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud. Jpn.* NO. 10 : 309-315.
  19. 馬場 昶・酒井慎吾. 1976. 作物の大氣汚染被害の發生機構に關する生理的研究. 第3報. 亞硫酸ガス處理による大麥, 小麥葉からのエチレン發生について. *農學研究* 55 : 199-203.
  20. Malhotra, S.S and A.A. Khan. 1984. Biochemical and physiological impact of major pollutants. In *air pollution and plant life*. Edited by M.Treshow. pp 113-157. John Wiley & Sons Ltd.
  21. Manning, W.J. and W.A. Feder. 1980. Biomonitoring air pollutants with plants. *Applied Sci.Pub.Ltd. London*. pp.1-142.
  22. Mapson, L.W. and D.A. Wardale. 1968. Biosynthesis of ethylene, enzymes involved in its formation from methional. *Biochem. J.* 107 : 433-442.
  23. McClenahan, J.R. 1983. The impact of an urban-industrial area on deciduous forest tree growth. *J. Environ. Qual.* 12 : 64-69.
  24. Mudd, J.B. 1975. Sulfur dioxide. In *responses of plants to air pollution*. Edited by J.B. Mudd and T.T. Kozlowski. pp.9-22. Academic Press. New York, San Francisco, London.
  25. Peiser, G.D. and S. FA Yang. 1979. Ethylene and ethane production from sulfur dioxide-injured plants. *Plant Physiol.* 63 : 142-145.
  26. Pratt, H.K. and J.D. Goeschi. 1969. Physiological roles of ethylene in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 20 : 541-584.
  27. 松島二良・原田學. 1965. 果樹の亞硫酸ガスによる煙害. 第2報. 被害カソキツ樹の實態



- ならびに營養學的觀察. 園藝學雜誌 34 : 25-32.
28. 松島二良・原田學. 1966. 果樹の亞硫酸ガスによる煙害. 第五報. カンキツ類の亞硫酸ガスの吸收の落葉ならびに體內成分との關係. 園藝學雜誌 35 : 25-32.
29. Tager, J.M. and N. Rautanen. 1956. Sulphite oxidation by plant mitochondrial system. Enzymatic and non-enzymatic oxidation. *Physiol. Plant.* 9 : 665-673.
30. Tingey, D.T., C. Standley, and R.W. Field. 1976. Stress ethylene production : A measure of ozone effect on plants. *Atmos. Environ.* 10 : 969-974.
31. Totsuka, T. 1979. Effects of sulfur dioxide on plant growth. *Res. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud.* 10 : 317-332.
32. Yang, S.F. 1980. Regulation of ethylene biosynthesis. *Hortscience* 15 : 238-243.