

# 실내식물의 오존 반응

허정희\* · 방광자\* · 설종호\*\*

\*상명대학교 원예조경학부 · \*\*김천대학 조경학과

## Ozone Response on Indoor Landscape Plants

Her, Jeong-Hee\* · Bang, Kwang-Ja\* · Sul, Jong-Ho\*\*

\* Dept. of Environmental Landscape Architecture, Sangmyung Univ.

\*\*Dept. of Landscape Architecture, Kimcheon College

### ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate Ozone which we have to contact in our daily lives. Recently Ozone becomes a serious pollutant in the inside and outside.

To select the indicator plants or the purifier plants for air pollution caused by ozone, this study has been conducted with interior landscape plant of 10 species. The results are as follows;

1) The visible damage by Ozone was firstly observed on *Viburnum awabuki* among 10 species, and it occurred after the lapse of 10, 8 and 4 hours on 0.5, 1.0 and 2.0 ppm Ozone treatment, respectively. The first symptom of visible damage appeared on chlorosis or blotting of leaves, then progressed on necrosis of leaves.

2) On the other hand, *Litsea japonica* and *Ardisia japonica* were so resistant against Ozone fumigation that they were not damage independently of Ozone concentration till the lapse of 60 hours.

3) Chlorophyll contents were decreased by the increased Ozone concentration. At this time, grana destruction was observed.

The most sensitive plant to Ozone was *Viburnum awabuki*, and we suggest that *Viburnum awabuki* would be possible one to use for the indicator plant. The most resistant plant to Ozone was *Litsea japonica* and *Ardisia japonica*, we suggest that *Litsea japonica* and *Ardisia japonica* would be possible to use for the purifier plant for Ozone pollution.

*Key Words* : Ozone, air purification, damage, response, Indoor Landscape Plants,

### I. 서론

현대 도시인들은 하루 24시간 중 80% 이상을 옥외가 아닌 실내 공간에서 활동한다. 그러나 에너지 절약 및 열효율을 높이기 위한 밀폐화 등으로 인해 외부 공기의 유입이 차단되며, 실내의 각종 오염물질의 발생으로 인하여 실내의 환경은 크게 악화되어 가고 있다(환경공학연구소, 1989; 이중석 외, 1994).

이와 같은 실내공기 오염물질로서 유황산화물(SOx), 이산화탄소(CO2), 일산화탄소(CO), 분진, 암모니아, 질소산화물(NOx), 탄화수소류, 포름알데히드, 라돈(Rn-22), 광섬유, 유리섬유 등의 여러 종류가 있다. 이들 외에 오존(O3)은 형광등, 정전기식 복사기 등의 각종 사무기구나 전기, 전자제품으로부터 쉽게 방출되는 물질로서 저농도에서도 폐와 눈의 조직을 자극하고 심하면 인체에 위협이 되기도 하는 독성이 강한 오염물질로 알려져 있다(김윤신, 1993 : Hanson E. P. and L. Thurne, 1970).

이러한 실내공기오염물질을 물리화학적으로 측정하는 데는 고가의 장비, 전문인력, 오랜 시간의 소요 많은 데이터의 축적 등이 필요하다. 더욱이 환기 시스템이나 고효율 여과장치의 기계적인 방법을 이용하여 실내공기를 개선시킨다는 것은 많은 비용의 부담과 함께 장기운영에 의한 기계 자체의 오염을 확인할 수 없는 등의 어려움이 있다(박재주 외, 1987).

따라서 오염물질의 측정과 제거를 위한 방법으로 식물을 활용하는 방법이 활용되기도 한다. Brennan과 Halisky(1970)는 잔디에 대한 오존 접촉실험을 통해 오존에 대한 민감성과 내연성을 품종별로 연구하여 오존 발생에 대한 지표식물로서의 활용가능성을 확인하였으며, Davis와 Coppolono(1976)는 오존에 대한 가시피해의 지표로서 잎의 엽록소함량의 조사가 유효한 방법임을 보고하였다. 또한 Hanson과 Thurne(1970)는 이론상 약 20,000그루의 나무를 식재하면 하루에 90 lsb의 오존을 흡수시킬 수 있다고 하여 오존의 제거를 위한 식물의 정화능을 인정하기도 하였다. 그 외 오존에 관한 많은 연구가 이루어져 왔음에도 불구하고 아직까지 오존 피해와 정화능에 관한 확고한 이론은 부족한 실정이다. 더욱이 비교적 환경변화에 민감한 실내식물을 대상으로 한 오존 연구는 많이 이루어지지 못해 왔다(박재주 외, 1987; 김윤신, 1993).

본 연구는 최근 외부환경에서 뿐 만 아니라 실내에서도 환경오염물질로서 대두되고 있는 오존에 대한 연구로서 실시하였다. 즉, 식물에 나타나는 오존 피해증상의 특징과 오존 피해에 대한 지표식물의 개발, 그리고 궁극적으로는 오염물질을 제거하여 실내 환경을 정화할 수 있는 식물을 개발하기 위한 기초자료의 확보를 위하여 본 연구를 수행하였다.

### II. 연구의 방법 및 내용

밀폐된 공간에서의 오존 오염에 대한 식물의 반응을 알아보기 위한 연구로서 본 연구를 실시하였으며, 그 방법은 다음과 같다.

본 연구에 이용된 공시식물은 어느 정도의 내음성을 갖추고 있어 실내조경 소재로서 가치가 있는 우리나라생식물 중 많이 이용되는 종류이며 번식을 통해 유묘의 확보가 가능했던 10종을 선정하여 실험하였다. 그 종류는 송악(*Hedera rhombea*), 까마귀쪽나무(*Litsea japonica*), 자금우(*Ardisia japonica*), 사철나무(*Euonymus japonica*), 줄사철나무(*Euonymus fortunei* var. *radicans*), 사사(*Sasa* spp.), 아왜나무(*Viburnum awabuki*), 치자나무(*Gardenia jasminoides* for. *grandiflora*), 바위취(*Saxifraga stolonifera*), 소엽택문둥(*Ophiopogon japonicus*) 등이며, 이들의 유묘를 pot에 심어 이용하였다.

실험은 그림 1과 같이 온도와 습도의 조절 및 유지가 가능한 조절실내에서 항온(24±2℃), 항습(60±25%)이 유지되는 챔버(chamber) 안에 4개의 오존

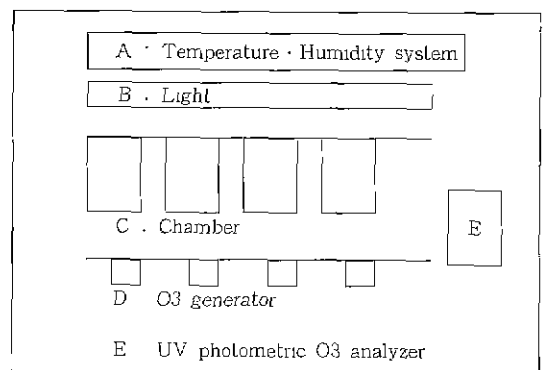


Figure 1. Diagram of experimental chamber

접촉실을 두어 처리하였으며, 이때 광도는 형광등을 이용하여 10,000lux로 일정하게 유지하였다.

공시 가스로 이용된 오존의 발생은 고압방전에 의한 오존 발생 장치를 이용하였다. 오존의 처리구는 인간에게 두통으로부터 시각장애를 일으킬 수 있는 0.5 ppm 처리구와 폐기능의 변화와 그에 따른 폐포내 공기확산 능력을 떨어뜨릴 수 있는 농도인 1.0 ppm 처리구, 그리고 폐충혈을 일으켜 인간에게 심각한 위협을 가져올 수 있는 2.0 ppm 처리구로 구분하여 오존처리를 전혀 하지 않은 대조구와 함께 4개의 처리구를 두고 실험하였다. 이때 발생하는 오존의 농도는 UV photometric O<sub>3</sub> analyzer (Dasibi 1108)로 측정하여 일정하게 유지되도록 하였다. 각각의 처리구는 총 60시간동안 오존을 처리하여 그 결과를 관찰하였다.

오존이 식물체에 접촉되었을 때 나타나는 식물의 반응과 가지피해 정도의 평가는 박제주 등(1987)이 보고한 가지피해 점검표를 이용하여 60시간동안 매 2시간마다 관찰, 기록하였다. 이를 통한 가지피해도의 평가 방법은 가지피해가 없는 것 0으로부터 가장 피해가 큰

것 5까지 총 6등급으로 나누어 채점하였으며(표 1 참조),

이들 결과를 통해 최초로 가지피해가 나타나는 초기 피해시점의 식물별 차이를 비교하였으며, 60시간의 지속적인 접촉 후의 피해정도를 비교하였다. 한편 이때 나타나는 식물의 피해는 전체 식물체의 모습에도 영향을 미쳤으나, 주로 잎 부위에서 가장 현저한 가지피해가 나타났다.

한편 오존에 의한 식물체의 가지피해 지표로서 엽록소 함량을 측정하는 것이 유효한 방법이라는 Davis와 Coppolono(1976)의 연구결과를 바탕으로 본 연구에서도 오존을 식물체에 접촉시키기 전과 후의 엽록소 함량을 간이 엽록소 측정기(Minolta SPAD-502)를 이용하여 측정하였다. 그리고 가지피해의 식물해부학적 원인을 규명하고자 잎의 절편을 투과전자현미경(Hitachi H-7100)으로 관찰하였다.

### III. 결과 및 고찰

최근 외부환경에서 뿐 만 아니라 실내에서도 환경오염물질로서 대두되고 있는 오존에 대한 연구로서 식물에 나타나는 오존 피해증상의 특징과 오존 피해에 대한 지표식물의 개발, 그리고 궁극적으로는 오염물질을 제거하여 실내 환경을 정화할 수 있는 식물을 개발하기 위한 기초자료의 확보를 위하여 수행된 본 연구의 결과는 다음과 같다.

본 연구에서 오존처리에 의한 가지피해는 식물체 전체에 나타났지만 특히 잎에서 가장 빠른 시간 내에 현

Table 1. Rating system for evaluating O<sub>3</sub> response

Degree of injury	Rating index	Injury state
None	0	0
Initiate	1	1-25
Slight	2	26-50
Middle	3	51-75
Severe	4	76-99
Complete	5	100

Table 2. The first occurrence time of visible injury by artificial pollutants fumigation of O<sub>3</sub> on interior landscape plants of 10 species (Unit: hours)

Scientific name	Treatments of O <sub>3</sub>		
	0.5 ppm	1.0 ppm	2.0 ppm
<i>Viburnum awabuki</i>	10	8	4
<i>Euonymus japonica</i>	28	20	11
<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i>	14	12	12
<i>Gardenia jasminoides</i> for. <i>grandiflora</i>	12	10	8
<i>Sasa</i> spp.	12	14	8
<i>Ophiopogon japonicus</i>	12	10	4
<i>Hedera rhombica</i>	12	10	6
<i>Saxifraga stolonifera</i>	14	10	8
<i>Litsea japonica</i>	None	None	None
<i>Ardisia japonica</i>	None	None	None

저하게 나타났다. 실험에 사용된 10종의 식물 중 잎에서의 가시피해가 가장 빨리 나타난 것은 아왜나무로서 오존의 농도가 0.5 ppm에서 10시간 후, 1.0 ppm에서 8시간 후, 그리고 2.0 ppm에서는 4시간 후에 잎에 가시적인 피해가 나타났다. 그러나 까마귀쪽나무와 자금우에서는 오존의 농도와 관계없이 60시간 이내에 어떠한 가시피해도 나타나지 않았다. 그 외에 줄사철나무, 치자나무, 사사, 소엽맥문동, 송악, 바위취 등에서는 아왜나무 보다 조금 늦게 오존에 의한 가시피해가 나타났다(표 2 참조).

박재주 등(1987)의 보고에서 오염지표로 가능한 식물의 공통된 특징으로 감수성이 예민해야 하며, 이것은 가시피해의 짧은 초발시간으로서 결정될 수 있다고 한 것으로 보아 본 연구에 이용된 10종의 식물 중 아왜나무는 오존 오염에 대한 지표식물로서 이용될 수 있음을 짐작할 수 있었다.

표 3은 실내식물이 60시간동안 오존에 노출된 후의 식물체 전체의 피해정도를 나타낸 결과이다. 가시피해의 초발시간이 가장 빨랐던 아왜나무는 오존에 노출된 60시간 후의 피해정도에서도 다른 종류의 식물보다 심한 피해증상을 나타내어 아왜나무가 오존에 대해 매우 민감한 식물임(Heath R. L., 1980)을 보여주었다.

그림 2는 본 실험의 결과 오존의 처리에 가장 민감한 반응을 나타낸 아왜나무와, 반대로 전혀 오존 처리에 반응하지 않은 자금우의 잎이 오존처리 60시간 후 농도에 따라 반응한 모습을 나타내는 그림이다.

아왜나무의 경우 잎의 위쪽 면에서 연녹색의 긴 반

점 혹은 작은 반점이 오존 농도에 따라 0.5, 1.0, 2.0 ppm에서 각각 10시간, 8시간, 4시간만에 발생한 후에, 점차 반점의 색깔이 흑갈색으로 진해지면서 피해면적도 늘어났다. 이러한 반점은 잎의 뒤쪽 면에서는 발생하지 않았으며 주맥을 중심으로 나타나다가 위쪽 면 전체에 퍼졌다. 그러나 자금우와 까마귀쪽나무에서는 반점의 발생이나, 낙엽현상 등의 어떠한 가시적 피해도 나타나지 않았다. Keen과 Taylor(1975)는 잎 표면의 괴사, 황백화현상, 갈색화현상(bronzing), 은백화현상(silvering)과 같은 시각적 손상이 고강도의 오존과 광선에 의해 일어난다고 보고하였으며, 이와 같이 오존에

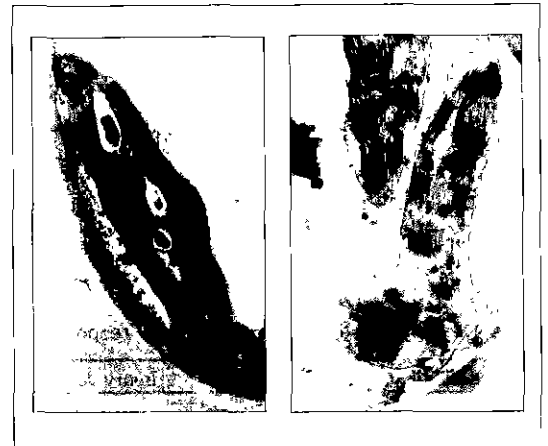


Figure 2 The change of leaf shape by artificial pollutants fumigation of O<sub>3</sub> on Viburnum awabuki(the left) and Ardisia japonica(the right)

Table 3 The degree of visible injury after 60 hours by artificial pollutants fumigation of O<sub>3</sub> on interior landscape plants of 10 species

Scientific name	Treatments of O <sub>3</sub>		
	0.5 ppm	1.0 ppm	2.0 ppm
<i>Viburnum awabuki</i>	3	5	5
<i>Euonymus japonica</i>	1	1	3
<i>Euonymus fortunei var radicans</i>	2	3	4
<i>Gardenia jasminoides for grandiflora</i>	2	3	5
<i>Sasa spp.</i>	1	2	3
<i>Ophiopogon japonicus</i>	2	5	5
<i>Hedera rhombea</i>	2	5	5
<i>Saxifraga stolonifera</i>	2	4	5
<i>Litsea japonica</i>	0	0	0
<i>Ardisia japonica</i>	0	0	0

\* The grade of injury: 0(no injury) ~ 5(severe injury)

Table 3. The degree of visible injury after 60 hours by artificial pollutants fumigation of O<sub>3</sub> on interior landscape plants of 10 species

Scientific name	Treatments of O <sub>3</sub>			
	Control	0.5 ppm	1.0 ppm	2.0 ppm
<i>Viburnum awabuki</i>	8.0 <sup>1</sup>	-3.5	-14.8	-15.6
<i>Euonymus japonica</i>	6.3	-0.8	-1.3	-1.5
<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i>	2.5	-2.0	-3.0	-5.3
<i>Gardenia jasminoides</i> for. <i>grandiflora</i>	2.0	-2.4	-4.8	-6.2
<i>Sasa</i> spp.	0.8	-2.1	-2.8	-3.2
<i>Ophiopogon japonicus</i>	2.4	-2.8	-12.8	-13.7
<i>Hedera rhombea</i>	2.8	-2.4	-5.4	-6.7
<i>Saxifraga stolonifera</i>	2.3	-3.0	-5.4	-8.7
<i>Litsea japonica</i>	6.5	1.9	0.8	0.5
<i>Ardisia japonica</i>	3.9	1.7	1.2	0.8

<sup>1</sup>: SPAD value (See the method and materials)

의한 잎의 손상의 결과는 많은 연구에서 보고되어 왔다 (Hideyaki 외, 1993).

표 4는 오존에 의한 가지피해의 지표로서 유효한 것으로 알려진 잎의 엽록소함량의 변화를 측정 한 결과이다. 오존 접촉 전과 각각의 농도별로 오존을 접촉한 후의 잎의 엽록소 함량의 변화를 측정 한 결과, 전체적으로 가지피해가 증가할수록 엽록소 함량이 감소하는 결과를 나타냈다.

특히 아왜나무는 오존처리구에서 가장 많은 엽록소 함량의 감소를 보여 가지피해가 크게 나타났던 주요한 원인이 엽록소의 파괴 때문이었음을 짐작하게 했다. 오존이 식물체에 미치는 영향으로는 엽록소의 파괴와 엽록소 함량의 변화, 광합성색소의 변화 등을 들 수 있다 (Brennan E. and P. M Halisky, 1970; McQuattie C. J. and R. E. Crang, 1986).

Davis와 Coppolono(1976)은 오존에 의한 가지피해의 지표로서 엽록소 함량의 조사가 유효한 방법임을 보고한 바 있으며, 박재주 등(1987)은 오존 접촉으로 엽록소 활성이 감소된다고 보고하였다. Heath(1980)는 여러 식물 중에 오존을 처리하여 황화현상과 괴사현상이 나타나며 이것은 광합성 색소의 분해와 탈수작용의 결과라고 하였으며, 이와 같은 오존에 의한 엽록소의 분해결과는 다양한 연구결과에서 확인되었다. 본 연구의 결과에서 오존에 접촉했을 때 아왜나무의 엽록소 함량이 크게 감소한 것은 역시 아왜나무가 오존 피해에 대한 지표식물로서의 충분한 가능성이 있음을 나타내는 결과임을 알 수 있었다.

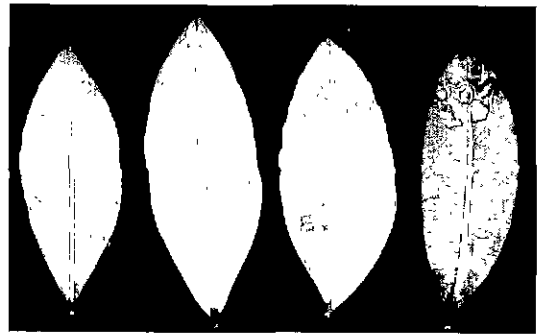


Figure. 3 Electron micrograph of chloroplast of *Viburnum awabuki* in control(the far left), 0.5(the middle left), 1.0(the middle right) and 2.0 ppm O<sub>3</sub>(the far right)

그림 3은 오존이 잎의 구조에 미치는 영향을 알아보기 위해 투과전자현미경을 이용하여 엽록체의 미세구조를 관찰한 그림이다.

오존의 피해가 가장 급속히, 그리고 강하게 나타났던 아왜나무의 경우, 대조구에 비해 오존처리구의 잎은 그라나(grana) 발달이 억제되거나 파괴된 것이 관찰되었고 대조구에서 관찰되었던 녹말 입자를 찾아 볼 수 없었다. 결과적으로 오존의 영향은 광합성을 억제시켜 녹말 입자의 축적이 일어나지 않도록 했던 것으로 보여지며, 세포가 심하게 손상되고 엽록체의 발달이 정상적이지 못한 것을 알 수 있었다(McQuattie C. J. and R. E. Crang, 1986).

이상의 결과를 통해 본 실험에 이용된 10종의 실내조경용 식물 중에서 아왜나무는 오존 피해에 대한 지표

식물로서의 이용 가능성이 높은 식물임을 알 수 있었고, 이때 가시적인 피해는 엽록소의 감소로 인한 잎의 황화와 반점형성이 기준이 될 수 있음을 알 수 있었다. 한편 자금우와 까마귀쪽나무는 오존에 대한 강한 내성을 나타냄으로써 오존에 의한 공기오염의 정화식물로서의 가능성을 나타냈다. 그러나 이러한 결과는 과연 오존의 흡수를 회피하는 것인지 아니면 충분한 흡수가 이루어짐에도 내성을 갖는 것인지에 대한 보다 구체적인 연구가 뒷받침되어야 할 것으로 생각되며 향후 이에 대한 추가의 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

#### IV. 결론

오존에 대한 실내조경 식물의 피해에 대한 연구를 통해 지표식물의 개발 및 환경 정화 식물의 개발을 목적으로 10종의 식물에 대해 실험한 결과는 다음과 같다.

1) 오존에 의한 가시적 피해는 아왜나무에서 급속히 나타나서 오존의 농도가 0.5, 1.0, 2.0 ppm일 때 각각 10시간, 8시간, 4시간만에 최초의 피해가 나타났다. 초기 피해의 증상은 잎의 황화와 반점이 형성되었으며, 나중에는 잎의 괴사로 진행되었다.

2) 또한 60시간 후의 피해에 있어서도 아왜나무의 피해정도가 다른 식물에 비해서 심했다. 한편 자금우와 까마귀쪽나무는 오존처리와 관계없이 60시간 이후에도 가시적 피해가 나타나지 않았다.

3) 잎의 엽록소 함량은 오존처리에 의해 가시적 피해가 증가할수록 감소하는 결과를 보였으며, 이때 잎의 그라나(grana)가 파괴된 것이 관찰되었고 대조구에서 관찰되었던 녹말 입자를 찾아 볼 수 없었다.

결국 오존의 오염에 대비한 지표식물로서 아왜나무가 이용 가능성이 있으며, 이때 엽록소 함량의 감소와

황화, 반점의 형성 등이 초기 증상이 될 수 있음을 알 수 있었다. 그리고 자금우와 까마귀쪽나무는 오존 오염에 대한 내성이 크며 따라서 향후 오존 오염에 대한 정화식물로서의 이용 가능성이 있는 것으로 생각되었다.

#### 인용 문헌

1. 구자형(1992) 식물의 대기오염 내성증대에 관한 연구. 한국대기보전학회지 8 35-44
2. 김윤신(1993) 실내공기오염에 관한 소고. 한국대기보전학회지. 9(1) 33-43
3. 박계주, 김재봉, 이우길, 배정오, 고정석, 이경계, 이용범, 김정규, 최만식(1987) 환경오염식물지표법의 개발연구 (I) 국립환경연구원보고서 pp 1-195
4. 이종석, 방광자, 원주희(1994) 실내조경학. 도서출판 동별당 pp 171-216.
5. 환경공해연구(1989) 실내 공기 오염과 건강 위해도 평가에 관한 연구. 연세대학교 환경공해 연구소 pp. 369-460.
6. Brennan E. and P. M. Halusky(1970) Response of turfgrass cultivates to ozone and sulfur dioxide the atmosphere *Phytopathol* 60: 1544-1546.
7. Davis D. D and J B Coppolono(1976) Ozone susceptibility of selected woody shrubs and vines. *Plnsu dis. rept* 60 876-878
8. Hanson E. P and L Thurne(1970). A partial pollution solution. *Plnat trees Frl*, 19. 35-36
9. Heath R. L(1980) Initial events in injury to plants by air pollutant *Plant physiol* 31: 395-431.
10. Hideyaki S., Y. Fujinuma, K Kubota, T Totsuka and K Omasa(1993) Effect of low concentration of ozone on the growth of several woody plants *J. Agr Met*, 48: 723-726.
11. Keen N T and O C Taylor(1975). Ozone injury in soybeans isoflavonoid accumulation is related to necrosis. *Plant physiol* 55. 731-733.
12. McQuattie C. J, and R E Crang(1986) Qualitative and quantitative effects of acid misting and two air pollutants on foliar structures of *Liriodendron tulifera*. *Can J Bot* 64 1237-1243