

數種 草本類의 SO₂ 가스에 의한 可視被害特徵에 關한 研究

金貞圭*·林秀吉**·金在鳳*

(1987. 8. 29 접수)

A Study on the Visible Injury of some Herbaceous Plants by SO₂ gas

Jeonggyu Kim*, Sookil Lim**, Jae-Bong Kim*

Abstract

SO₂ gas injuries for 19 varieties of 10 species of plants were investigated within a environmentally controlled growth chamber. Visible injuries were observed when exposing the plants either 0, 0.2, 0.4, 0.7 or 1.5ppm of SO₂ gas for 5 days from 9:00 to 17:00 everyday.

The results obtained were as follows:

1. Light brown spots were shown on *Raphanus sativus*(Chunchu, Taeback, Jinjudaepyung), *Brassica campestris*(Manchun, Josaengmiho, Seoul, Jeonseung), and *Capsicum annum*(Searona, Hongsanho, Hongilpum); brown spots on *Sesamum indicum*(Pungnyun, Kwangsan); reddish brown shades on *Cleosia cristata*; and black brown spots on *Perilla frutescens*, *Calendula officinalis*, *Chrysanthemum morifolium*, and *Salvia splendens*, respectively.
2. The spotty injuries induced by SO₂ gas on *Raphanus sativus*, *Callistephus chinensis*, *Capsicum annum*, *Perilla frutescens*, *Calendula officinalis*, *Salvia splendens*, and *Sesamum indicum*; the many small spots on *Chrysanthemum morifolium*; and the brown shade on *Celosia cristata* appeared on the upper surface of the intervein, on the leaf apex area and on the entire upper surface of leaves, respectively.
3. Visual injuries of *Capsicum annum*(Chunchu), *Perilla frutescens*, *Sesamum indicum*(Pungnyun, Kwangsan), and *Salvia splendens* were developed at 0.4ppm of SO₂ gas fumigation. *Brassica campestris*(Jeonseung), *Capsicum annum*(Searona, Hongilpum), and *Cleosia cristata*, however, showed the injury at 1.5ppm of SO₂ gas concentration.
4. Based on the tolerance grade(time when the 1st injury appeared), *Raphanus sativus*, *Perilla frutescens*, *Sesamum indicum*, and *Salvia splendens* were the most sensitive plants and *Chrysanthemum morifolium*, *Callistephus chinensis*, *Cleosia cristata*, and *Calendula officinalis* were the plants most tolerant of SO₂ gas.

* 國立環境研究院(Korea National Institute of Environmental Research, Seoul, 122, Korea)

** 高麗大學校 農科大學 農化學科(Dept. of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Korea University, Seoul, 132, Korea)

序 論

植物은 溫度·濕度·光·土壤水分이나 生育段階 및 個體差 등에 의해 汚染物質에 對한 被害樣相이 複雜하다.¹⁾ 物植의 SO₂에 의한 被害는 非可視的 被害와 可視的 被害로 나눌 수 있으며²⁾ 이러한 被害를 評價·測定하는 方法이 많이 報告되고 있다.³⁻¹¹⁾ 그러나 汚染物質에 의한 植物被害와 影響에 關한 國內研究는 아직 微微하여¹²⁻¹⁴⁾ 우리나라의 大氣汚染에 의한 植物被害나 影響을 評價하고 環境指標로 活用할 수 있기에는 不足한 바 있다.

本 研究는 國立環境研究院의 植物環境調節室을 利用하여 SO₂ 가스에 의한 植物被害에 대한 影響評價의 資料를 蓄積하고자 實施하였다.

材料 및 方法

1. 供試植物

무우(춘추알타리, 태백, 진주대평), 배추(만춘, 조생미호, 서울, 전승)는 壤土에, 들깨(수원 8 호), 참깨(풍년, 광산)와 고추(새로나, 홍산호, 홍일품)는 腐植土와 모래를 7:3 으로 섞은 土壤에 定植하였으며, 금잔화, 국화(추국, 하국), 과꽃, 맨드라미 및 사루비아는 서울市 綠地事業所 苗圃場에서 재배한 것을 利用하

였다.

2. 植物環境調節室 運轉條件

SO₂ 가스의 濃도를 0, 0.2, 0.4, 0.7 및 1.5ppm 으로 오전 9時부터 오후 5時까지 5日間 植物體에 接觸하였으며 溫度는 주간 20°C 야간 15°C 로, 濕度는 주간 65~75%를 유지하였다. 光은 自然光을 使用하였다.

3. 可視症狀의 觀察과 評價

SO₂ 가스를 接觸시키기 전후로 매일 植物體에 나타나는 被害의 有無 및 被害特徵을 觀察하여 다음 基準으로 被害도를 數量化하였다. 즉, 0 점—無被害, 1 점—1/4 까지 被害, 2 점—1/4~2/4 까지 被害, 3 점—2/4~3/4 까지 被害, 4 점—3/4~枯死直前까지의 被害, 5 점—植物體 全部가 被害를 받았거나 枯死된 被害으로 區分하여 評點하였다. 이와 함께 落葉의 有無도 調査하였으며 被害色과 被害葉位 및 葉中에서의 被害部位의 位置도 調査하였다.

結 果

1. 可視被害特徵

SO₂ 가스에 의한 可視被害는 種別로 약간씩 다르게 나타났으나 種內에서는 特別한 차이는 보이지 않았다.

Table 1. Visible Injury Characteristics of Plants by SO₂ gas.

varieties	SO ₂ gas conc.(ppm)	first injured part	injury developing	colour change
<i>Raphanus sativus</i>				
cv. Chunchu	0.4	low, intervein	low—top	light brown
	0.7	low, intervein	low—top	light brown
	1.5	low, intervein	low—top(blighted)	light brown
cv. Taeback	0.7	top, intervein	top, spots	light gray
	1.5	low, intervein	low—top(blighted)	light brown
cv. Jinjudaepyung	0.7	top, intervein	top—low	light gray
	1.5	top, intervein	top—low	light brown
<i>Brassica campestris</i>				
cv. Manchun	0.7	top, intervein	spots	light green
	1.5	top, intervein	top—low	light brown
cv. Josaengmiho	0.7	top, intervein	spots developed whole plant, curled apical part	light green
	1.5	top, intervein	top—low(blighted)	light brown
cv. Seoul	0.7	top, apical part	spot	light brown
	1.5	top, apical part	top—middle(blighted)	light brown
cv. Jeonseung	1.5	top, apical part	spots	light brown

varieties	SO ₂ gas conc.(ppm)	first injured part	injury developing	colour change
<i>Perilla frutescens</i>				
Green perilla	0.4	3rd, intervein	3-5th, spots	black brown
	0.7	3rd, interven	top-low	black brown
	1.5	1-6th, apical part	whole blighted	black brown
<i>Sesamun indicum</i>				
cv. Pungnyun	0.4	3rd, intervein	spots	yellow brown
	0.7	3rd, intervein	larger spots	yellow brown
	1.5	4th, intervein	developed whole plant	yellow brown
cv. Kwangsan	0.4	2nd, intervein	spots	yellow brown
	0.7	2nd, intervein	-low	yellow brown
	1.5	2nd, intervein	-low	yellow brown
<i>Capsicum annum</i>				
cv. Saerona	1.5	top, apical part	top-low, fallen leaf	light brown
cv. Hongsanho	0.7	top, intervein	spots	light brown
	1.5	top, apical part	developed whole plant	light brown
cv. Hongilpum	1.5	top, apical part	developed whole plant	light brown
<i>Calendula officinalis</i>				
marigold	1.5	top & middle, intervein	larger spots	black brown
<i>Chrysanthemum morifolium</i>				
chrysanthemum	0.7	top, intervein	spots	black brown
	1.5	top, intervein	top-low, apex region	black brown
<i>Callistephus chinensis</i>				
china aster	0.7	top, intervein	top-middle	brown
	1.5	low, intervein	low-top	brown
<i>Cleosia cristata</i>				
cockscomb	0.7	low, whole leaf	low-top, brown shade	brown
	1.5	low, whole leaf	ow-top, spots	red brown
<i>Salvia splendens</i>				
salvia	0.4	top, intervein	fallen leaf	black brown
	0.7	top, intervein	top-low, decoloured*	black brown
	1.5	top, intervein	top-low, decoloured*	black brown

* flower, decoloured to white

各 植物別 可視被害特徵은 표 1 과 같다.

무우는 最初에 회백색 斑點이 발생하고 時間이 經過함에 따라 淡褐色으로 進行되었다. 춘추알타리 무우는 下位葉에서 葉面의 組織이 물러지는 듯하다가 회백색으로 變하며, 진주대평무우는 꽃받침이 먼저 被害를 보였고, 태백무우는 0.7ppm 에서는 꽃받침, 1.5ppm 에서는 下位葉에서 被害症狀을 나타내었다.

배추는 모두 下位葉에서 初發症狀이 일어나고 있으며, 被害가 下位葉으로 進行하는 傾向을 보였다. 다만 被害進行 程度에 따라 煙斑의 色이 연록, 회백 및 담갈색을 나타냈다. 들깨와 참깨는 모두 上位 2~3 位葉에서 被害가 처음으로 觀察되었고, 濃도가 높을수록 被害의 展開가 빨랐으며 灰色으로 나타난 斑點의 크기 도 커졌다. 3 品種 모두 葉脈間의 灰色斑點은 時間이

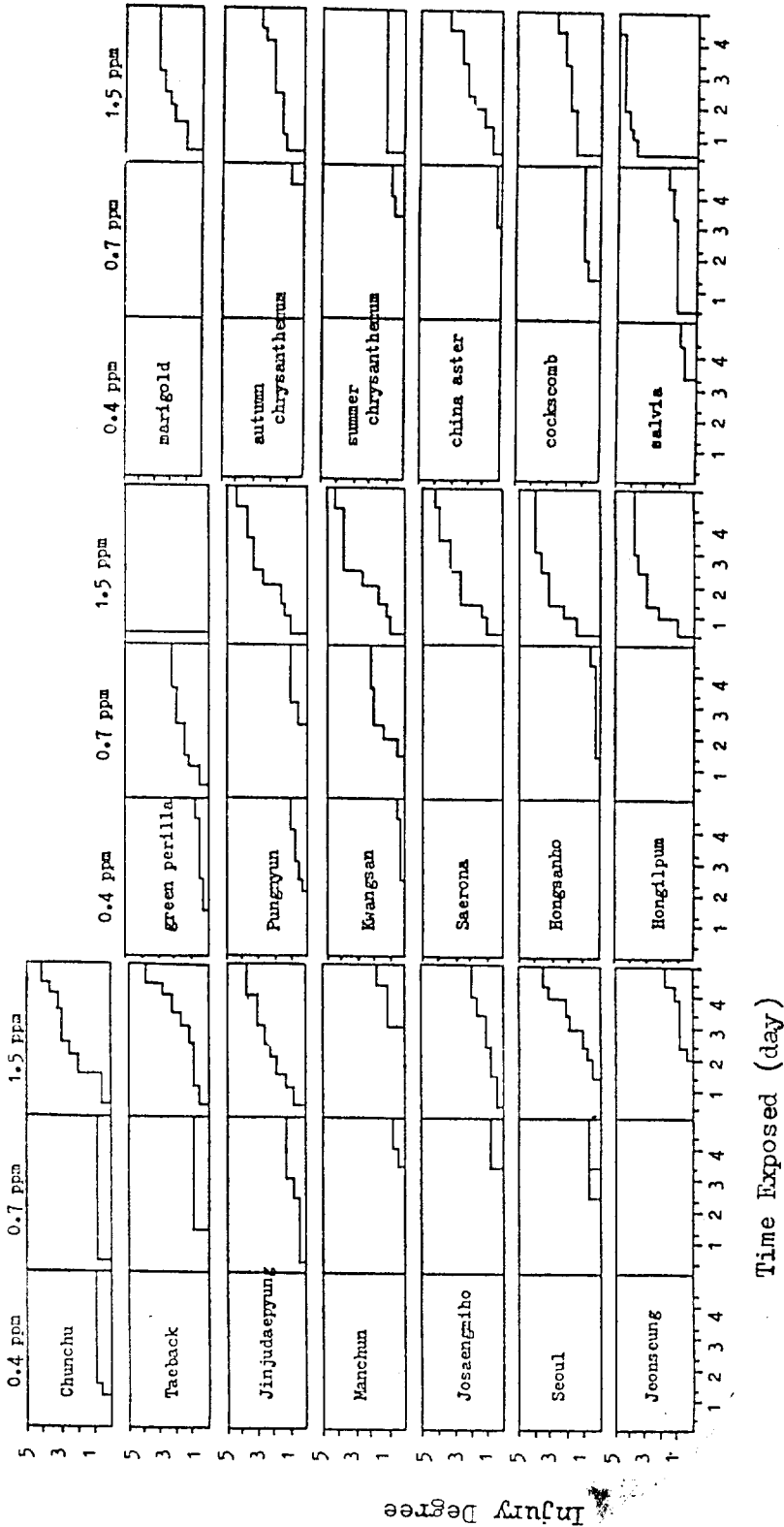


Fig. 1. Injury of plants exposed to SO₂ gas.

經過하면서 黃褐色으로 變했다. 고추는 모두 上位葉의 葉頂에서 被害가 始作되었다. 현저한 落葉이 있었다.

금잔화는 上位 및 中位葉의 葉脈間에서 黑褐色 斑點이 나타나다가 잎 全面으로 擴散되었다. 국화는 처음에 葉緣을 따라 葉肉에 작은 黑褐色 斑點들이 생겨나다가 이 斑點들이 연결되어 葉緣이 흑갈색의 띠모양으로 被害를 받았다. 과꽃은 0.7ppm에서는 上位葉, 1.5 ppm에서는 下位葉에서 먼저 斑點이 出現했다. 맨드라미는 斑點들이 나타나기 전에 葉面의 褐變現象이 나타난 것이 特異하였다. 葉面에 엷게 褐色의 기미가 나타났다가 점차로 뚜렷해지며 葉面의 대부분을 덮었다. 이후 褐變이 일어난 部位에 赤褐色의 斑點이 나타났다. 사루비아는 껌과 비슷한 可視症狀을 보였다. 上位葉에 黑褐色의 斑點이 나타났고 落葉이 있었으며, 裁害는 上位葉에서 下位葉으로 進行하였다. 꽃은 처음에 끝부분이 탁한 분홍색으로 變色되다가 그 程度가 심해지면서 白色斑點이 變色部에 出現하였다.

2. 被害度

各 植物種은 相異한 被害度를 보였고, 種內에서도 品種間에 매우 多樣한 樣相을 보이기도 하였다. 各 植

物別被害度는 표 2와 같다. 춘추알타리무우, 들깨, 참깨 2 品種(광산, 풍년)과 사루비아 5 種類는 比較的 높은 점수를 나타내고 있다. 참깨와 들깨는 供試된 3 品種 모두 0.4ppm에서 被害點數를 얻고 있으며, 그 점수는 다른 植物보다 높다. 사루비아도 참깨나 들깨와 유사하였다.

1.5ppm에서만 被害點數를 낸 전승배추, 새로나고추, 홍일품고추, 금잔화 4 個種類는 供試植物 中에서 중간정도의 點數를 얻고 있다.

3. 被害의 進行

SO₂를 植物體에 接觸시키면서 變化되는 被害度를 觀察한 結果는 그림 1과 같다. 그림 1에서 들깨와 사루비아가 特히 넓은 面積을 보이며, 전승배추는 가장 적은 넓이다. 品種別로 보면 춘추알타리무우의 被害 進行은 1.5ppm에서 規則的으로 被害度가 增加하며, 태백무우, 진주대평무우, 만춘배추, 조생미호배추 및 서울배추도 이러한 傾向을 보이나 전승배추는 被害進行이 다소 不規則的이었다. 들깨, 참깨類는 모두 一定한 進行을 보이고 있으나 광산계는 1.5ppm에서 SO₂ 接觸 3~4 日 사이에는 被害進行이 없었으며 이런 傾

Table 2. SO₂ gas Injury Degree of Plants.

plants	SO ₂ gas conc.(ppm)			leaf fallen ratio(%) at 1.5ppm
	0.4	0.7	1.5	
Chunchu	1	1.3	4.3	
Taeback		2	4	
Jinjudaepyung		1.6	5	
Manchun		0.6	4	
Josaengmiho		1	3.7	
Seoul		1	3	
Jeonseung			3.7	
green perilla	0.75	2.25	5	
Pungnyun	1	1	3.5	
Kwangsang	0.5	2.25	4.75	
Searona			4	31.75
Hongsanho		0.5	4	28.15
Hongilpum			3.75	34
marigold			2.75	
autumn A*		0.75	2.25	
summer A*		0.75	1	
china aster		0.25	3.5	
cockscomb		1	2.75	
salvia	1	2	5	

* chrysanthemum

向은 급잔화 및 하국에서도 나타났다.

SO₂ 가스 濃度別 被害進行 速度는 19 個 植物 共히 濃度가 높을수록 그 速度가 빨랐다.

考 察

4. 被害初發時間

그림 2는 各 植物 別로 最初에 可視被害를 나타낸 個體의 初發時間과 全個體가 모두 被害를 나타내기 始作하는 時間을 線으로 나타냈다. 즉 이 線이 길수록 個體差가 큰 것이며 짧을수록 個體差가 적은 것이다. 따라서 진주대평무우, 조생미호배추 및 과꽃은 個體差가 현저하며 춘추알타리무우, 태백무우 및 사루비아는 比較的 個體間的 差가甚少하였다.

各 植物體들은 대체로 SO₂ 濃度가 높을수록, 接觸時間이 길어질수록 많은 被害를 보여주는 바 이는 鄭 등¹¹⁾이 報告하고 있는 바와 같이 SO₂ 가스의 接觸이 葉面 被害를 유발하는 樣相은 時間이 경과함에 따라 葉面 被害率이 누운 S字曲線으로 增加한다고 하는 事實과 一致한다.

또한 本 研究에서 나타난 植物體의 個體差도 SO₂에 對한 被害度는 各 品種들 사이에 差異가 있고, 같은 品種內에서도 遺傳形質에 따라 매우 多樣하다고 한

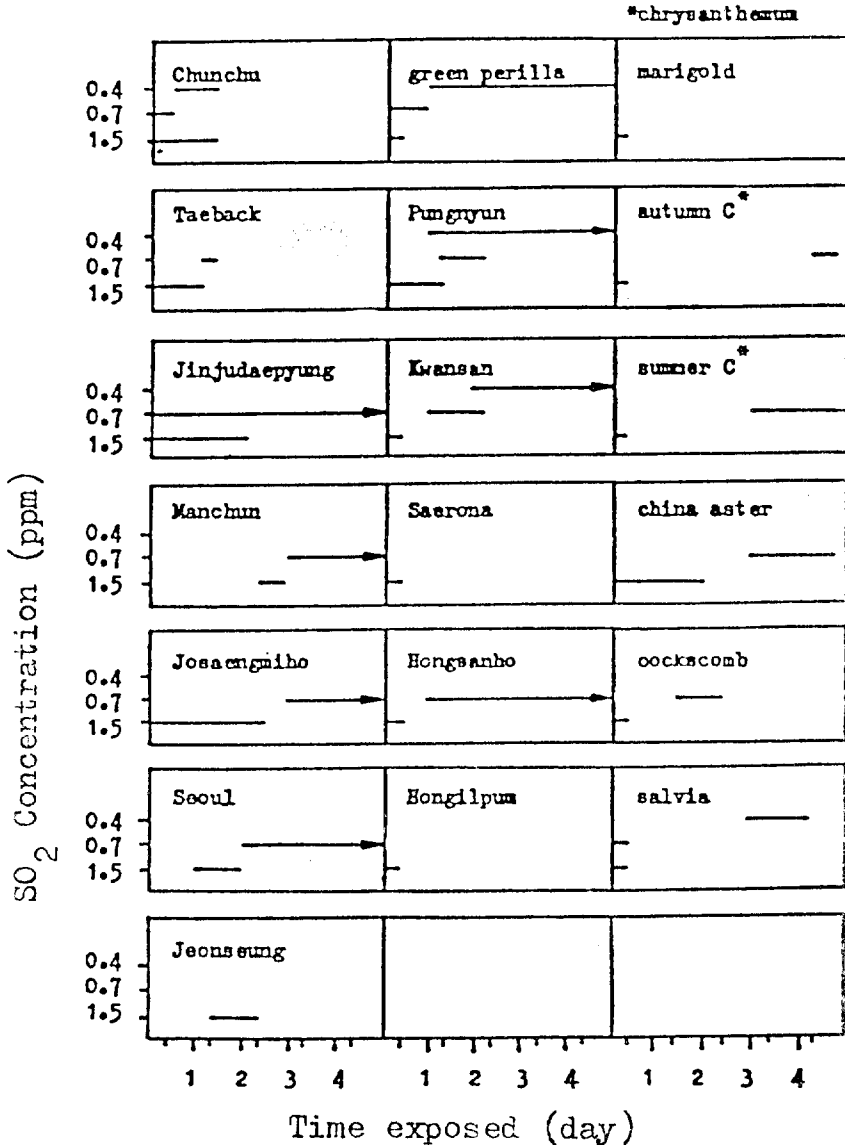


Fig. 2. Distribution of first observation time for injured plants by SO₂ gas.

Costonis 와 Sinclair⁶⁾의 報告와 一致한다.

各 植物을 可視被害로써 被害에 대한 感受性을 比較하는 때는 여러 가지 方法을 생각할 수 있다. 特定한 植物을 基準으로 特定植物體의 被害에 對한 相對值^{12,13)} 나 被害初發時間이나⁷⁾ 나타난 被害度에 따라 가스濃度別로 표시하는 方法¹¹⁾ 등이 있다. 이러한 基準들은 感受性이나 耐性을 判別하는데 共通의인 要素를 가지고 있다. 즉, 낮은 濃度에서 빠른 時間안에 높은 被害를 나타내는 것이 感受性이 높은 것이며,¹¹⁾ 높은 濃度에서 긴 時間 동안 被害를 보이지 않거나 被害를 받기도 쉽사리 회복되는 것은 耐性이 강한 것이다.²⁾

따라서, 이런 觀點에서 感受性을 判別하는데 被害初發時間을 基準해서 살펴본다. 被害를 나타낸 最低濃度가 같은 것끼리 分類하고 그 群內에서 被害初發時間이 짧은 것을 우선적으로 하고 初發時間이 같은 경우에는 그 濃度에서 被害度가 높은 順으로 했으며, 被害度도 같은 경우는 다음으로 높은 濃度에서 被害初發時間이 짧은 順으로 하였다. 이러한 感受性 判別의 各 段階는 다음의 표 3 과 같으며 그 感受性이 높은 순서로 배열하면 춘추알타리무우> 들깨> 풍년개> 광산개> 사루비아> 태백무우> 진주대평무우> 멘드라미> 서울배추> 조

생미호배추> 하국> 홍산호고추> 만춘배추> 추국> 과꽃> 새로나고추·홍일품고추·금잔화> 진승배추와 같다.

耐性을 比較하는 것은 各 植物體가 나타낸 最終的인 被害度로써 그 基準을 삼는 것이¹⁴⁾ 타당하다고 생각되었다. 우선 實驗된 最高濃度에서 最終被害點數가 낮은 것을 우선으로 배열한 후 點數가 같을 때에는 다음으로 낮은 濃度에서 얻은 被害點數가 낮은 것을 우선으로 배열하였다(표 4). 耐性이 강한 順序는 하국>추국>금잔화>멘드라미>서울배추>과꽃>풍년개>진승배추>조생미호배추>홍일품고추>새로나고추>홍산호고추>만춘배추>태백무우>춘추알타리무우>광산개>진주대평무우>사루비아>들깨이었다.

以上 各 供試品種의 感受성과 耐性을 比較하였는 바 耐性等位の 逆等位를 感受성 等位와 比較해보면 各 品種들은 感受성이 높다고 반드시 耐性이 弱하지는 않았으며 또 耐性이 强하다고 반드시 感受성이 낮지는 않았다. 이러한 傾向에서부터 SO₂ 가스에 對한 植物의 感受성이나 耐性을 判단하는데는 이와 다른 基準을 使用해야 함을 알 수 있다.

Table 3. Order processing of sensitivity for SO₂ gas basis on first observation injury degree.

I step	II step	III step	Order form
Chunchu	salvia(0.75)		salvia
green perilla	Chunchu(0.7)		Chunchu
Pungnyun(0.4)	green perilla	green perilla(78)	greenperilla
Kwangsán	Pungnyun(0.25)	Pungnyun(92)	Pungnyun
salvia	Kwangsán	Kwangsán(100)	Kwangsán
Taeback	Taeback(1)		Taeback
Jinjudaepyung	autumn C*(0.75)	Cockscomb(50)	cockscomb
Manchun	cockscomb	autumn C*(108)	autumn C*
Josaengmiho	Josaengmiho(0.7)	Seoul(77.3)	Seoul
Seoul(0.7)	Seoul	Josaengmiho(93.3)	Josaengmiho
Hongsanho	summer C*(0.5)		summer C*
autumn C*	Jinjudaepyung(0.3)	Jinjudaepyung(34.7)	Jinjudaepyung
summer C*	Manchun	Manchun(98.7)	Manchun
china aster	Hongsanho(0.25)	Hongsanho(98)	Hongsanho
cockscomb	china aster	china aster(110)	china aster
Jeonseung	Saerona		Saerona
Hongilpim(1.5)	Hongilpum(1)		Hongilpum
marigold	marigold		marigold'
Saerona	Jeonseung(0.3)		Jeonseung

* chrysanthemum

Table 4. Order processing of resistance for SO₂ gas basis on last injury degree.

I step	II step	Order form	reverse order
summer C*(1)		summer C*	19
autumn C*(2.5)		autumn C*	18
marigold(2.75)	marigold(0)	marigold	17
cockscomb	cockscomb(1)	cockscomb	16
Seoul(3)		Seoul	15
Pungnyun(3.5)	china aster(0.25)	china aster	14
china aster	Pungnyun(1)	Pungnyun	13
Josaengmiho(3.7)	Jeunseung(0)	Jeongseung	12
Jeonseung	Josaengmiho(1)	Jseangmiho	11
Hongilpum(3.75)		Hongilpum	10
Taeback	Saerona(0)	Saerona	9
Manchun(4)	Hongsanho(0.5)	Hongsanho	8
Saerona	Manchun(0.6)	Manchun	7
Hongsanho	Taeback(2)	Taeback	6
Chunchu(4.3)		Chunchu	5
Kwangsan(4.75)		Kwangsan	4
Jinjudaepyung	Jinjudaepyung(1.6)	Jinjudaepyung	3
green perilla(5)	salvia(2)	salvia	2
salvia	green perilla(2.25)	green perilla	1

* chrysanthemum

잔화이었다.

要 約

참 고 문 헌

10 種 19 品種의 植物體에 SO₂를 0, 0.2, 0.4, 0.7 및 1.5ppm 으로 09:00~17:00 의 8 時間씩 植物環境 調節室에서 接觸시키고 可視被害를 觀察한 結果는 다음과 같다.

1) 배추(만춘, 조생미호, 서울, 전승), 무우(춘추알타리, 태백, 진주대평)와 고추(새로나, 홍산호, 홍일품)는 담갈색반점; 들깨, 금잔화, 국화와 사루비아는 흑갈색반점; 참깨(풍년, 광산)는 褐色斑點; 맨드라미는 赤褐色, 變色으로 被害가 나타났다.

2) 무우, 배추, 고추, 들깨, 참깨, 금잔화, 사루비아는 葉脈間에 斑點으로, 국화는 葉緣 주위에 斑點으로, 맨드라미는 葉全面에 赤褐變으로 被害形態를 보였 다.

3) 춘추알타리무우, 들깨, 참깨(풍년, 광산)와 사루비아는 0.4ppm에서도 被害를 보였고, 전승배추, 고추(홍일품, 새로나), 맨드라미는 1.5ppm 에서만 被害를 나타냈다.

4) 感受性이 높은 것은 들깨, 참깨, 사루비아, 춘추알타리무우였고, 耐性種은 국화, 배추, 맨드라미와 금

1. Jacobson, J.S. and A.C. Hill ed. (1970) : Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas, Air Poll. Cont. Assoc., Pittsburg.
2. 峠田宏(1974) : 環境汚染と指標植物, 共立出版株式會社, 東京.
3. Brisely, H.R. and W.W. Jones(1950) : Sulfur dioxide fumigation of wheat with special reference of its effect on yield, *Plant Physiol.*, **25**, 666.
4. Briesly, J.R. (1959) : Sulfur dioxide fumigation of cotton with special reference to its effect on yield, *Agrom. J.* **51**, 77.
5. Heck, W.W. (1968) : Factors influencing expression of oxidant damage to plants, *Ann. Rev. Phytopathol.* **6**, 165.
6. Costonis, A.C. and W.A. Sinclair(1969) : Ozone Injury to *Pinus Strobus*, *J. Ain Poll. Cont. Assoc.* **19**, 867.

7. 坂井弘(1972) : 農業公害ハンドブック, 地人書館, 東京.
8. 松島二良, 原田學(1965) : 果樹의 亞黃酸가스による 煙害(第2報), 被害力キツ樹의 實態ならびにその 榮養學的 觀察, 日本園藝學雜誌, 34, 25.
9. Olsen, R.A.(1957) : Absorption of sulfur dioxide from the atmosphere by cotton plant, *Soil Sci.* 84, 107.
10. Thomas, M.D. (1944) : Some chemical relations of sulfur dioxide after absorption by alfalfa and sugar beet, *Plant Physiol.* 19, 212.
11. 松中昭一(1975) : 指標生物—環境汚染をおる, (株) 講談社, 東京.
12. 鄭永鎬, 金福榮, 李重吉, 韓基確(1975) : 大豆에 대한 低濃度 亞黃酸가스의 影響, 農事試驗研究報告, 18, 29.
13. 金福榮, 韓基確(1980) : 亞黃酸가스에 의한 作物別 被害葉率 및 가스 吸收量調査, 韓土肥誌, 13, 39.
14. 金貞圭, 裴貞伍, 金在鳳, 朴在柱(1986) : SO₂ 가스에 對한 植物의 感受性 및 耐性에 關한 研究, 韓國大氣保全學會誌, 2(2), 1.