

## Petunia 組織培養時 몇가지 公害物質이 生長反應에 미치는 影響

白基燁 · 崔聖烈 · 李宰旭\* · 崔柱堅\*\*

(忠北大學校 農科大學 園藝學科 · \*園藝試驗場 · \*\*中央種苗 育種農場)

## Growth Responses of Petunia as Affected by Several Pollutants *in Vitro*

Paek, Kee Yoeup, Seong Lyeor Choi,  
Jae Wook Lee\* and Joo Kyeon Choi\*\*

(Department of Horticulture, Chungbuk National University, Cheongju,  
\*Horticultural Experiment Station, O.R.D., Suwon and  
\*\*Choongang Seed Company, Seoul)

### ABSTRACT

This *in vitro* study was employed to clarify the effects of several pollutants, i.e. SO<sub>2</sub>, fluoride, cadmium(Cd), aluminum(Al) and NaCl, on the organogenesis and growth responses of shoot-tip, stem and multiple-buds segments derived from hypocotyl or cotyledon culture of petunia seedlings. Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> levels of more than 200 µg/ml had significantly reduced organogenesis, growth, and chlorophyll content. The injuries caused by Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> concentration of more than 400 µg/ml were alleviated by increasing hydrogen-ion concentration of medium, indicating some relationship between two factors. Organogenesis was not affected by the fluoride concentration up to 100 ppm in the media, but the growth and chlorophyll content were greatly reduced by the fluoride. The effect of Cd depended on the explant sources used for the culture; 1.0 ppm was effective for fresh weight increase in shoot tip culture, and 3.0 ppm in stem segments culture. Organogenesis and growth were greatly reduced by more than 10.0 Cd treatment. Growth and formation of shoots were better with Na conc. of 0.3% compared to control, but those of roots were inhibited. Na concentration goes over 1.0%, organogenesis and subsequent growth were inhibited, and chlorophyll synthesis was drastically reduced. Chlorophyll content was increased on the medium supplemented with Al 50 µg/ml compared to control. However the formation and growth of shoots were greatly inhibited with more than 400 µg/ml and roots were not produced at all.

### 緒 論

분식 또는 화단이나 가로변의 장식식물로 널리 재식되고 있는 petunia는 이용면으로 보아

중금속인 Cd, Al, Pb, Ag 등과 염류인 NaCl, 대기오염물질인 SO<sub>2</sub> 및 HF 등에 다소被害를 받고 있는 실정이다. SO<sub>2</sub>는 자동차의 매기가스나 공장지대의 연료연소, 황합유금속의 제련 등에 의해 발생하며 植物體에 심한 영향을 끼친다 (Fitter and Hay, 1981; Knabe, 1976). 불소는 Fe, Al 정제와 같은 불소함유 광물의 고온처리, 과린산비료의 제조 (Page and Ganje, 1970) 등에 의해 발생되며 환경조건 및 植物體의 민감성에 따라被害 정도에는 差異가 있다 (Treshow, 1981).

중금속의 汚染은 산업지역에서의 지속적인 낙진과 산업폐기물의 축적 하수퇴적물의 농업적이용 (Barker and Craker, 1973), 특정 비료의 과다시비 (Schroeder and Ballassa, 1963), 汚染된 하수의 관수 (Wehrmann, 1974), 농약의 과다살포 (Frank *et al.*, 1976) 및 자동차 타이어의 마모 등에 의해 발생한다.

NaCl은 겨울철 도로에 제빙염으로 사용함으로써 가로변에 염이 축적되어 植物體에 害를 유발하며 (Barrick and Flore 1979; Langilie, 1976) 염을 함유하고 있는 물의 관수 (Francois and Clark, 1979)에 의해서도 植物體에 生長장애를 일으킨다.

이러한 汚染物質에 대한 植物의 反感은 토양산도, 양이온치환능, 토양온도, 산화환원조건 및 植物의 종류에 따라 다르나 일반적으로 염황화 및 生長抑制현상을 유발한다고 알려져 있다 (John, 1973).

그러나 이들 結果는 대부분 포장상태에서 이루어진 실험이기 때문에 피해를 일으키는 적정濃度에는 많은 오차가 발생할 수 있다. 그래서 환경조건이 동일한 *in vitro*에서 petunia 切片을 培養하였을 때 나타나는 피해증상과 피해濃度를 밝혀 이들 結果를 petunia 재배에 적용하고자 본 실험을 실시하였다.

### 材料 및 方法

*Petunia hybrida* Hort "Angel" 種子를 무균발아시켜 胚軸과 子葉切片을 培養하여 再生된 植物體에서 정단과 줄기 및 multiple bud를 explant로 하였다. 줄기와 정단은 0.5 cm 크기로, multiple bud는 平均生體重이 20 mg이 되게 하여 공해물질이 添加된 培地에 培養하였다. 培地는 White의 vitamin, i-mositol 100 mg/l, sucrose 30 g/l, gelrite 0.2%를 添加한 Murashige-Skoog培地를 利用하였고 培地의 pH는 公害物質의 種類에 따라 달리하였다. 배양조건은 형광등(1200 lux)으로 16시간 조명하고 溫度를 23±1°C로 조절된 培養室에서 培養하였다.

Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>를 SO<sub>2</sub>의 給源으로 使用하였고 濃度는 0, 100, 200, 400, 600, 800, 1000 μg/ml로 하였다. 각 處理別로 pH를 3, 5, 6, 7로 調節하며 SO<sub>2</sub>濃度에 따른 pH의 영향도 調査하였다. pH 3 培地는 試驗管內에 Heller의 filter-paper platform을 만들어 그 위에 multiple bud 절편을 接種하였으며 60일간 培養하였다. Fluorine의 給源으로는 NaF를 利用하였으며 濃度를 각각 0, 10, 50, 100, 200, 400ppm씩 處理하여 子葉를 배양하여 형성된 multiple bud 절편을 接種하였다. 培地의 pH는 5.8로 調節하였으며 60일간 培養하였다. Cadmium의 給源으로는 CdCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O를 利用하였으며 處理濃度는 0, 1, 3, 5, 10, 20mg/l로 하였고 培地의 pH는 5.8로 調節하였다. explant로는 정단과 줄기조직을 利用하여 60일간 培養하였다. NaCl의 濃度를 0, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 4.0%로 處理한 후 multiple-bud를 explant로 하여 50일간 培養하였다. Aluminum의 給源으로는 AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O를 利用하였고 濃度는 0, 10, 50, 100, 200, 400, 600, 800,

1000 $\mu\text{g/ml}$ 가 되도록 하였다. explant로는 multiple-bud를 이용하였으며 60일간 培養하였다. 調査는 explant당 shoot와 뿌리의 形成數, 길이, 植物體의 生體重과 乾物重을 調査하였으며 염록소함량은 Ozerol and Titus (1965)의 方法에 의해 測定하였다.

## 結 果

**Sulfur dioxide**가 生長反應에 미치는 영향. 培地內  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 의 濃度を 달리하고 濃度別로 各各 pH를 3, 5, 6, 7로 調節하여 multiple-bud를 培養해본 결과 (Table 1) shoot 形成과 生長은  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 가 添加되지 않은 對照區에서 良好하였고  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  濃度가 增加할 수록 심히 抑制되었다.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  濃度別 pH效果를 보면 對照區와 100  $\mu\text{g/ml}$  添加區에서는 pH 6에서 shoot形成이 效果의이었고 200  $\mu\text{g/ml}$  以上 添加區에서는 抑制되는 傾向이나 培地의 수소이온濃도가 높을수록 피해를 줄일수있어  $\text{SO}_2$ 의 被害는 수소이온 濃度와 密接한 關連이 있었다. 形成된 shoot의 生長을 보면 對照區나  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  100~200  $\mu\text{g/ml}$  添加區에서는 pH 5에서 促進效果가 있어 shoot의 發生과 生長에 미치는 適正 pH는 差異가 있었고  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  400  $\mu\text{g/ml}$  以上에서는 서서히 抑制되었다. 뿌리의 形成과 生長에 미치는 영향을 보면 對照區나 100  $\mu\text{g/ml}$  添加區에서는 큰 差異가 없었으나 200  $\mu\text{g/ml}$  以上 添加되면 심히 抑制되었다. 生體重과 乾物重 및 염록소 함량에 미치는 영향을 보면  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  添加濃度가 높을수록 減少하였고 pH 6, 7에서는 callus化되는 傾向이 있었으며  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  添加 濃度에 관계없이 수소이온濃도가 높을수록

Table 1. Growth response of multiple buds derived from cotyledon segments of petunia as functions of medium-applied sodium sulfide levels and hydrogen ion concentrations after 2 months in culture

$\text{SO}_2$ ( $\mu\text{g/ml}$ )	pH	No. of shoots	Shoot length(cm)	No. of roots	Root length(cm)	Fresh wt(g)	Dry wt(g)	Total chlorophyll
0	3	3.5	1.7	12.4	1.7	0.5	0.04	3.34
	5	5.3	8.3	11.3	6.3	1.1	0.07	2.64
	6	7.0	6.5	12.4	7.6	1.3	0.08	2.88
	7	6.4	5.5	8.3	4.6	1.2	0.08	2.82
100	3	4.9	2.4	11.3	2.7	0.4	0.03	3.24
	5	4.1	6.5	13.5	7.4	0.9	0.05	2.60
	6	6.7	5.3	12.3	5.4	1.2	0.07	2.45
	7	5.4	5.3	11.0	4.7	1.1	0.06	2.30
200	3	4.7	0.5	7.3	1.2	0.2	0.02	2.79
	5	4.7	5.5	12.3	5.3	1.1	0.06	2.66
	6	3.3	3.4	9.7	4.2	0.3	0.03	2.43
	7	2.3	3.0	8.7	1.4	0.3	0.03	2.43
400	3	4.3	0.5	6.5	0.7	0.3	0.02	2.47
	5	1.0	0.5	3.0	1.3	0.1	—	—
	6	—	—	—	—	—	—	—
600	3	3.4	0.4	1.5	1.6	0.2	0.01	—
	5	—	—	—	—	—	—	—
800	3	2.3	0.4	—	—	0.1	0.01	—
	5	1.4	0.4	1.3	1.1	0.1	0.01	—
	6	—	—	—	—	—	—	—
1000	3	—	—	—	—	—	—	—

葉綠素 含量은 增加하였다.

**Fluoride**가 生長反應에 미치는 영향. NaF 濃度를 달리하여 multiple-bud를 培養해 본 結果 (Table 2) 불소농도 400~1000  $\mu\text{g/ml}$  添加區에서는 배양 2~5일 후부터 葉綠素가 減少하기 始作하여 2~3주 후에는 葉綠素가 완전히 破壞되어 枯死하였다.

200  $\mu\text{g/ml}$  添加區는 3주 후부터 explant의 일부가 白化되고 뿌리發生과 shoot 生長이 전혀 되지 않았으며 葉綠素도 形成되지 않았다. shoot 形成과 生長은 對照區에서 良好하였으며 NaF 濃度가 增加할수록 shoot 形成은 점차 減少하였고 shoot 生長도 모든 NaF 添加區에서 심히 抑制되었다. 뿌리發生은 濃度가 增加할수록 減少하였고 生長도 對照區에 비해 不良하였다. 그러나 10~100 ppm 濃度에서는 억제정도가 비슷했다. 生體重은 對照區에 비해 顯著히 減少되었으며 乾物重과 葉綠素含量도 NaF 濃度가 增加할수록 비례적으로 減少하는 경향이였다.

**Cadmium**이 器官發生과 葉綠素 形成에 미치는 영향. Petunia 子葉 培養에 의해 形成된 plantlet에서 정단과 줄기조직으로 분리하여 培養해본 結果 (Table 3) explant당 shoot 수는 정단을 培養했을 경우, Cd 5.0 ppm 添加區에서, 줄기 組織에서는 3.0 ppm 添加區에서 對照區보다 多少 增加하는 傾向이었고 줄기 組織이 정단을 培養했을 때보다 shoot 形成이 效果의이었다. 그러나 Cd 濃度가 增加할수록 shoot 發生은 抑制되었다. shoot의 生長은 정단을 培養했을 때 줄기組織보다 促進되었는데 정단에서는 1.0 ppm에서 最大에 달했고, 줄기 組織에서는 Cd 濃度가 1.0 ppm에서 5.0 ppm으로 增加할수록 生長이 效果의이었으나 10.0 ppm 이상에서는 抑制되었다. 뿌리의 形成은 培養組織에 관계없이 1.0 ppm에서 多少 增加하였으며 그 이상의 濃度에서는 抑制되었고 뿌리의 生長도 對照區가 良好하였다.

explant당 生體重과 乾物重을 보면 정단에서는 Cd 1.0 ppm이, 줄기 組織에서는 3.0 ppm이 良好하였고 10.0 ppm 이상에서는 減少하였다. 그러나 葉綠素含量은 對照區가 높았고 Cd 濃度가 增加할수록 減少하였다.

**NaCl**이 生長反應에 미치는 영향. 培地內 NaCl 濃度를 달리하여 multiple-bud를 培養한 結果 (Table 4, Fig. 1) shoot 形成은 0.5%까지는 增加하였으나 1.5% 이상에서는 減少하였고 4.0% 이상에는 explant가 枯死하였다. shoot 生長은 0.3%에서 良好하였으나 0.5% 이상에서는 심하게 抑制되었고 1.0% 이상은 生長이 되지 않아 培養初期와 비슷하였다. 뿌리發生과 生長은 對照區에서 良好하였으며 濃度가 增加할수록 抑制되어 1.0% 添加培地에서는 뿌리 發生이 극히 抑制되었고 그 이상의 濃度에서는 뿌리가 전혀 形成되지 않았다. 生

Table 2. Growth response of multiple buds derived from cotyledon segments of petunia as functions of medium-treated fluoride levels after 2 months in culture

NaF (ppm)	No. of Shoot	shoots length(cm)	No. of roots	Root length(cm)	Fresh wt(g)	Dry wt(g)	Total chlorophyll
0	7.7	3.2	4.3	7.8	2.2	0.17	3.07
10	6.8	0.8	3.8	3.5	1.1	0.13	3.03
50	5.6	0.5	3.0	3.8	1.1	0.11	2.07
100	5.3	0.5	3.0	3.5	0.7	0.08	1.19
200	1.3	0.2	—	—	0.2	0.02	—
400	—	—	—	—	—	—	—

Table 3. Effect of cadmium levels on organogenesis and chlorophyll content through the culture of shoot tip and stem segments excised from multiple shoots by the culture of cotyledon of petunia after 2 months in culture

CdCl <sub>2</sub> (ppm)	Explant	No. of Shoot	shoots length(cm)	No. of Root	roots length(cm)	Fresh wt(g)	Dry wt(g)	Total chlorophyll
0	Shoot tip	1.3	9.2	5.5	6.3	0.5	0.04	2.37
	Stem	2.0	7.6	5.4	6.4	0.6	0.04	2.35
1	Shoot tip	1.1	9.4	5.6	4.5	0.7	0.05	2.02
	Stem	1.6	5.3	6.2	6.5	0.5	0.03	1.97
3	Shoot tip	1.3	7.5	5.3	5.2	0.5	0.03	2.19
	Stem	2.5	5.5	5.3	4.8	0.8	0.05	1.87
5	Shoot tip	1.6	7.8	4.3	3.6	0.5	0.03	1.89
	Stem	1.2	7.3	4.0	4.4	0.5	0.03	1.85
10	Shoot tip	1.1	2.5	3.5	2.9	0.3	0.02	1.43
	Stem	1.2	2.2	3.1	3.3	0.3	0.02	1.40
20	Shoot tip	1.0	0.9	2.1	0.7	0.2	0.01	1.16
	Stem	1.2	0.6	1.9	1.1	0.2	0.01	1.12

體重과 乾物重은 0.3~0.5%에서 對照區보다 增加하여 多少 效果의이었으나 NaCl 濃도가 增加함에 따라 減少하였다.

Aluminum 濃도가 生長反應에 미치는 영향. Multiple-bud 절편을 Al 濃도를 달리한 培地에서 培養한 結果 (Table 5, Fig. 2) shoot의 形成은 10.0  $\mu\text{g/ml}$ 에서, shoot 生長은 對照區가 良好하였으며 Al 濃도가 增加할수록 抑制되었다. 특히 Al 濃도가 400  $\mu\text{g/ml}$  이상 일때는 shoot의 生長이 극히 抑制되었으며 形成된 shoot도 callus 化되는 한편 잎이나 callus組織에 anthocyanin이 形成되었다. 뿌리의 發生과 生長을 보면 對照區에 비해 濃도가 增加할수록 結核 減少하였으며 400  $\mu\text{g/ml}$ 에서는 甚하게 抑制되었고 600  $\mu\text{g/ml}$  이상에서는 뿌리가 전혀 發生하지 않았다. 生體重과 乾物重은 對照區와 10  $\mu\text{g/ml}$  添加區에서는 거의 비슷하였고 50~200  $\mu\text{g/ml}$  添加區사이에서는 3.8~3.9g으로 濃度差異에 의한 生體重 增減이 거의 없었다. 그러나 400  $\mu\text{g/ml}$  이상 添加區에서는 급격히 減少하였다. 葉綠素 含量은 50  $\mu\text{g/ml}$  添加區가

Table 4. Growth response of multiple buds derived from cotyledon segments of petunia as affected by the NaCl concentration after 50 days in culture

Salt conc(%)	No. of Shoot	shoots length(cm)	No. of roots	Root length(cm)	Fresh wt(g)	Dry wt(g)	Total chlorophyll
0	3.9	6.0	13.9	5.0	3.7	0.21	3.25
0.3	4.4	6.5	10.4	3.6	4.7	0.26	2.95
0.5	6.3	2.7	9.1	4.6	4.6	0.25	2.00
1.0	4.0	0.3	1.0	2.3	1.5	0.13	0.51
1.5	1.7	0.3	—	—	0.3	0.03	0.10
2.0	2.0	0.3	—	—	0.2	0.02	0.02
4.0	—	—	—	—	0.1	0.01	—



Fig. 1. Growth responses of multiple bud segments as influenced by salt concentration of medium after 50 days in culture.

가장 良好하였으며 그 이상 濃度가 增加할수록 비례적으로 減少하였다.

考 察

Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>의 농도가 증가할수록 shoot 및 뿌리의 발생과 생장이 억제되고 엽록소 함량도 감소 하였는데 Mikkelsen *et al.* (1981)도 petunia leaf disc나 callus 조직을 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>농도를 달리한 용액에 침지하였을 때 농도가 높아질수록 callus의 황변화를 촉진하고 생장율을 감소 시키며 고사율을 증가시킨다고 하였다. 특히 잎조직에서는 엽록소 함량이 현저히 감소된다고 하여 SO<sub>2</sub>피해는 일차적으로 조직내 엽록소를 파괴함으로써 발생된다고 생각된다. 한편 Malhotra and Hocking (1976)에 의하면 Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>용액은 SO<sub>2</sub> 가스농도의 1/1000정도에 해당하

Table 5. Growth response of multiple buds derived from cotyledon segments of petunia as affected by the aluminum levels after 60 days in culture

Al conc. (μg/ml)	No. of Shoot	shoots length(cm)	No. of roots	Root length(cm)	Fresh wt(g)	Dry wt(g)	Total chlorophyll
0	3.6	7.1	8.7	8.6	4.5	0.28	2.49
10	4.2	6.3	7.8	6.1	4.6	0.28	2.86
50	3.5	5.1	7.0	5.4	3.8	0.24	3.12
100	3.0	4.8	7.0	4.6	3.8	0.24	2.01
200	3.4	3.6	8.4	3.8	3.9	0.25	2.01
400	3.2	0.6	2.0	2.7	1.3	0.12	1.31
600	2.8	0.3	—	—	0.7	0.10	0.19
800	2.4	0.2	—	—	0.4	0.06	0.16
1000	1.1	0.1	—	—	0.3	0.04	0.05

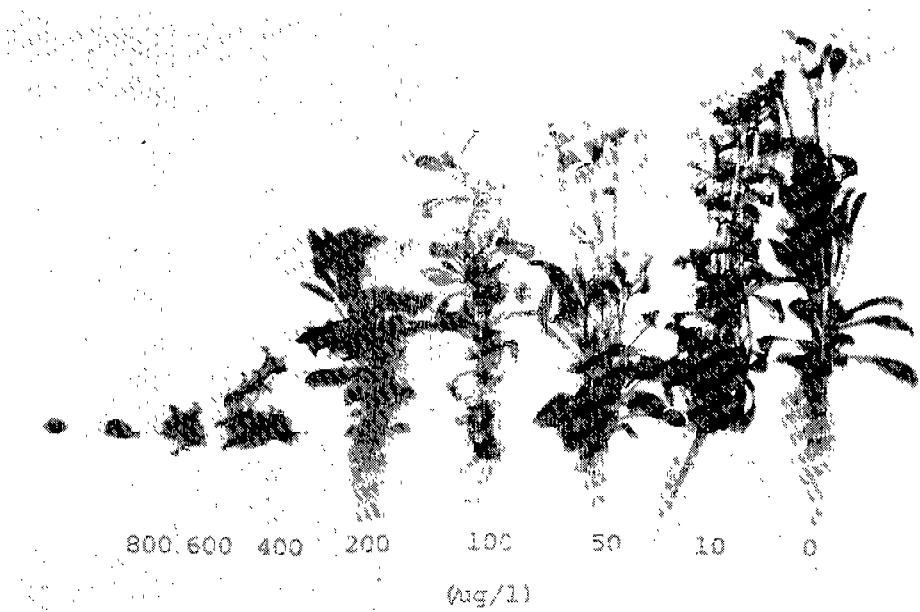


Fig. 2. Growth responses of multiple bud segments as influenced by aluminum levels of medium *in vitro* after 60 days in culture.

는 가스를 발생한다고 하였으므로 본실험에서 사용된 培地의  $\text{SO}_2$  가스 濃度는 0.1~1 ppm 정도에 달한다. 이러한 濃度는 *petunia* 植物體에 피해를 유발하는 濃度보다는 저농도이나 *in vitro*라는 특수한 환경조건 때문이거나 培養재료의 差異에 의해서 피해가 發生되었다고 생각된다.

培地內 불소처리는 shoot의 生長을 현저히 抑制시켰는데 Brewer *et al.* (1966)도 *gladiolus* 에 불소처리는 植物體의 발육양상에 따라 피해 정도에는 差異가 있으나 선단부를 枯死하게 한다고 하이 뿌리의 發生이나 生長抑制보다는 지상부 組織에 피해가 심하게 나타난다는 것을 알 수 있었다. Cd 처리는 培養組織에 따라 濃度에 差異는 있으나 저농도에서 生體重 增加에 多少 效果의이었고 高濃度에서는 生長抑制와 葉綠素 含量을 減少시켰는데 이러한 結果는 *Phaseolus vulgaris*의 배육 절편 培養에서도 보고 된 바 있다 (Sho, 1980).

염의 濃度가 1.0% 이상되면 기관發生과 生長이 현저히 抑制되고 葉綠素 含量이 減少되었는데 이는 Chen *et al.* (1978)이 담배와 당근 callus에서도 염의 濃度가 높을수록 葉綠素가 파괴되어 갈변 枯死한다는 보고와 일치하는 경향이였다. 그러나 교목류에 있어서 염의 축적은 뿌리의 生長에는 영향을 미치지 않는다고 한 Ormrod (1978)의 보고와는 달리 본실험에서는 염의 濃度가 1.0% 이상일때 뿌리의 發生이 전연 되지 않았는데 이는 실험재료에 의한 差異라 생각된다.

한편 *petunia*는 제빙염의 살포등 염류축적이 일어나기 쉬운 도르변의 장식식물로 많이 이용되고 있기 때문에 callus나 세포배양을 통하여 내염성인 cell line을 선발하고 여기에서 植物體를 분화시켜 염에 저항성을 가진 계통을 육성하는 것이 必要하다고 생각된다.

## 摘 要

Petunia種子를 無菌發芽시킨 후 幼苗의 胚軸과 子葉切片을 培養하여 形成된 multiple bud와 경단 및 줄기 組織을 explant로 하여 몇가지 公害物質을 濃度別로 添加한 培地에 接種하여 切片組織으로부터 器官發生과 生長反應에 미치는 영향을 규명하고자 실험하였던바 얻어진 結果는 다음과 같다.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 濃도가 200  $\mu\text{g}/\text{ml}$  이상이 되면 器官發生과 生長은 현저히 抑制되었으며 葉綠素含量도 減少하였다.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 濃도가 400  $\mu\text{g}/\text{ml}$  이상일 때 培地內 수소이온농도를 높임으로써  $\text{SO}_2$ 에 의한 被害를 多少 감소시킬수 있어  $\text{SO}_2$ 와 培地의 수소이온농도와는 生長反應에 관련이 있었다. 培地內 불소농도가 100 ppm까지는 rganogenesis 및 뿌리의 形成에는 큰 영향을 미치지 않았으나 生長은 對照區에 비해 抑制되었고 葉綠素 含量도 減少하였다. 불소농도가 200 ppm 이상일 때는 器官發生이 되지 않았다. Cadmium의 效果는 培養切片에 따라 差異가 있었고 경단에서는 1 ppm이, 줄기에서는 3 ppm에서 生體重 增加에 效果적이었으나 葉綠素含量은 對照區에 비해 減少하였다. 그러나 10 ppm 이상에서는 器官發生 및 生長이 심히 抑制되었다. Sodium chloride의 濃도가 0.3%일 때 shoot의 形成과 生長이 抑制되었다. NaCl의 濃도가 1.0% 이상일 때는 器官發生과 生長이 抑制되었고 葉綠素形成에도 沮害의이었다. Al濃도가 50  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 까지 增加할 수록 葉綠素含量은 對照區보다 增加하였다. 그러나 400  $\mu\text{g}/\text{ml}$  이상 濃度에서는 shoot形成과 生長이 심히 抑制되었고 뿌리가 發生하지 않았다.

## 參 考 文 獻

- Barker, A. V. and L. E. Craker. 1973. Effects of soil and water pollution on agriculture. *Air. Soil. Pollut.* 5 : 491~500.
- Barrick, W. E. and J. A. Flore. 1929. Deicing salt spray injury inselected *Pinus* spp. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 104 : 617~622.
- Brewer, R. F., F. B. Guillemet and F. H. Sutherland. 1966. The effect of atmospheric fluoride on gladiolus growth, flowering and corn production. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 103 : 23~27.
- Chen, Y., E. Zahavi, P. Barak and U. Uoniel. 1978. Effects of salinity stress on water, NaCl and mannitol stresses. *Z. Pflanzenphysiol.* 93 : 141~153.
- Fitter, A. H. and R. K. M. Hay. 1981. Environmental Physiology of Plants. Academic Press, New York.
- Francois, L. E. and R. A. Clark. 1979. Accumulation of sodium and chloride in leaves of sprinkler-irrigated grapes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 104 : 11~13.
- Frank, R., K. Ishida and D. Suda. 1976. Metals in agricultural soils of Ontario. *Can. J. Soil. Sci.* 56 : 463~484.
- John, M. K. 1973. Cadmium uptake by eight food crops as influenced by various soil levels of cadmium. *Environ. Pollut.* 4 : 7~15.
- Knabe, W. 1976. Effects of sulfur dioxide on terrestrial vegetation. *Ambio.* 5 : 213~218.
- Langillie, A. R. 1976. One season's salt accumulation in soils and trees adjacent to a highway. *Hort-Science* 5 : 215~217.
- Malhotra, S. S. and D. Hocking. 1976. Biochemical and cytological effects of sulfur dioxide on plant metabolism. *New Physiol.* 76 : 227~237.
- Mikkelsen, E. P., L. S. Schnabelrauch, L. W. Le Cureux and K. C. Sink. 1981. Responses of petunia plants to  $\text{SO}_2$  and of detached leaves, leaf discs and callus to sodium sulfite. *Am. Soc. Hort.*



*Sci.* 106 : 708~712.

Ormrod, D. P. 1978. *Pollutions in Horticulture*. Elsevier, Amsterdam. pp.93~95.

Ozerol, N. H. and J. S. Titus. 1965. The determination of total chlorophyll methanol extracts. *Trans IU. State Acad Sci.* 58 : 150~151.

Page, A. L. and T. J. Ganje. 1970. Accumulation of lead in soil for regions of low and high motor vehicle traffic density. *Environ. Sci. Technol.* 4 : 1011~1013.

Sho, W. Y., K. B. Jeon, U. D. Yeu and D. Y. Cho. 1980. Effects of cadmium on the chlorophyll production and organ differentiation in the cotyledon culture of *Phaseolus vulgaris* L. *Kor. J. Plant Tissue Cult.* 7 : 43~48.

Treshow, M. 1981. Fluoride as air pollutants affecting plants. *Ann. Rev. Phytopath.* 9 : 21~41.

Wehrmann, J. 1974. Polluted water problems in horticulture. Pro. XIX. Int. Hort. Congr. pp.73~82.

(1984. 8. 3. 接受)