

## 大豆葉片受二氧化硫危害後在形態上之變化

游 碧 堉

臺灣植物保護中心農藥毒理組

(接受日期：民國 72 年 5 月 20 日)

### 摘 要

大豆受二氧化硫污染後即呈現葉片黃化壞疽而葉脈仍為綠色之特殊外癥，以石蠟切片觀察其組織被破壞之次序先後為：下表皮、海綿組織、柵狀組織、最後是上表皮及維管束組織。本試驗以不同二氧化硫濃度處理大豆後，由其受害株數百分率及受害植株之葉片癥狀嚴重情形，建立一大豆受二氧化硫污染之嚴重程度指標值 (Severity index)，由此值可明顯看出：二氧化硫之濃度愈高，愈造成急性傷害；暴露時間愈久，受害愈嚴重。而暴露時間之因素比濃度因素更為重要：較低濃度 (0.5 ppm) 長期暴露比較高濃度 (2.0 ppm) 短時間暴露為害更大。在連續栽植一年大豆之觀察中，以夏作受害反應最快，春作次之，冬作則影響較慢。

(關鍵字：嚴重程度指標值)

### ABSTRACT

**Bih-Yuh You (1983) Morphological changes of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) leaves due to sulfur dioxide injury.** Plant Prot. Bull. (Taiwan, R. O. C.) 25 : 99~107 (Pesticide Toxicology Division, Plant Protection Center, Taiwan)

Characteristic morphological changes of soybean, *Glycine max* (L.) Merr., due to the sulfur dioxide injury was identified. Symptoms of yellowing and necrosis occurred to whole leaf area except the venation part which left in green. Paraffin sections of the injured tissue showed the appearance of damages as follows: lower epidermis, spongy tissue, palisade tissue and upper epidermis. The vascular bundles were found the last to be attacked. Severity indices of soybean when subjected to different concentration of sulfur dioxide were established by calculating the percentages of the injured individual crops and degrees of symptom showed combinedly. High concentration of the treatment was found responsible for the occurrence of acute toxic effect. However, longer exposure time with low concentration was more harmful to the crop than short exposure with high concentration. Response of the injury showed fastest in summer crop. Winter crop developed the symptom much slower, while the spring crop was found in between.

(Key word: severity index)

## 一、緒 言

空氣中之二氧化硫主要是由工廠燃燒生煤或重油而來。此外，機動車輛之排煙、冶煉金屬礦之過程中以及煉油、硫酸工廠等亦常排放二氧化硫氣體。它會增加人體呼吸系統及心臟病之罹病率，甚而有致癌之可能<sup>(1)</sup>。而植物受二氧化硫危害後之反應，較動物更為敏感：只要濃度在 0.15 ppm 以上，大多數植物葉片就會出現黃斑而葉脈仍維持綠色之特殊癥狀<sup>(12)</sup>。

早在 1871 年，Stoeckhardt 討論德國森林之煙害問題以來，空氣污染對植物之為害問題已被探討了一整個世紀，舉凡植物個體之形態、生理、代謝及生長各方面之研究，乃至整個植物群落及生態系之探討，在歐、美加、日等溫帶地區均已研究得相當詳盡<sup>(2)</sup>。

本省則在近幾年來始注意到空氣污染的嚴重性，臺灣省環境衛生實驗所自民國六十五年開始進行空氣污染影響農業實況調查及改善工作迄今，其調查結果發現：本省之空氣污染確已危害到農業環境，自民國六十六年至六十九年間，農作物受空氣污染之危害面積，廣達 1798 公頃以上，而傷害植物之空氣污染物中，以二氧化硫最多，佔 30.8%，在嚴重污染地區之空氣中二氧化硫濃度，每小時平均值竟會高達 1.95 ppm，此值已比政府所規定工業區空氣中二氧化硫含量之標準每小時平均值 0.5 ppm 以下超出數倍。<sup>(3,4)</sup>

Guderian<sup>(10)</sup> 比較廿五科植物受二氧化硫為害之反應結果指出：作物類中以豆科植物對二氧化硫最為敏感，穀類次之。本試驗乃選擇大豆為供試材料，以固定濃度之二氧化硫及定時暴露處理，觀察其受害後之癥狀反應，並由外觀反應之嚴重程度找出其與二氧化硫之濃度及暴露時間之關係，以初步了解在本省臺中地區之氣候狀況下，二氧化硫單一因子對大豆之為害情形，以作為二氧化硫為害其它植物之癥狀參考。並藉以建立一嚴重度指標 (Severity index，以下簡稱 SI 值)，期由作物受害之 SI 值來判斷空氣中之二氧化硫污染程度。

## 二、材料與方法

供試作物：臺農四號大豆 (*Glycine max* (L.) Merr.)

栽植方式：砂壤土三份與發酵過之乾雞糞一份混拌後倒入直徑 25 公分之素燒盆內，先以 5% 福馬林 (Formalin) 薰蒸殺菌，一週後，再以 3% 加保扶 (Furadan) 粒劑混拌殺蟲，兩星期後，豆種直播，待發芽後疏苗，每鉢素燒盆內植六~十株，計一百鉢。俟第一對本葉展開後，逢機分為四組，每組各廿五鉢，並將各組之所有植株編號。平時栽植於室外，只有在每天薰蒸處理時四組分別搬入四個薰蒸室內，以四種不同濃度之二氧化硫處理。栽植期間，每隔兩週以 90% 納乃得 (Lannate) 可濕性粉劑二千倍或 20% 芬化利 (Sumicidin) 乳劑三千倍防治蟲害，間週以 50% 免賴得 (Benomyl) 可濕性粉劑三千倍防治病害。每三週施尿素一次自 1979 年 11 月起至 1980 年 9 月止，在本中心分冬、春、夏三作實驗。

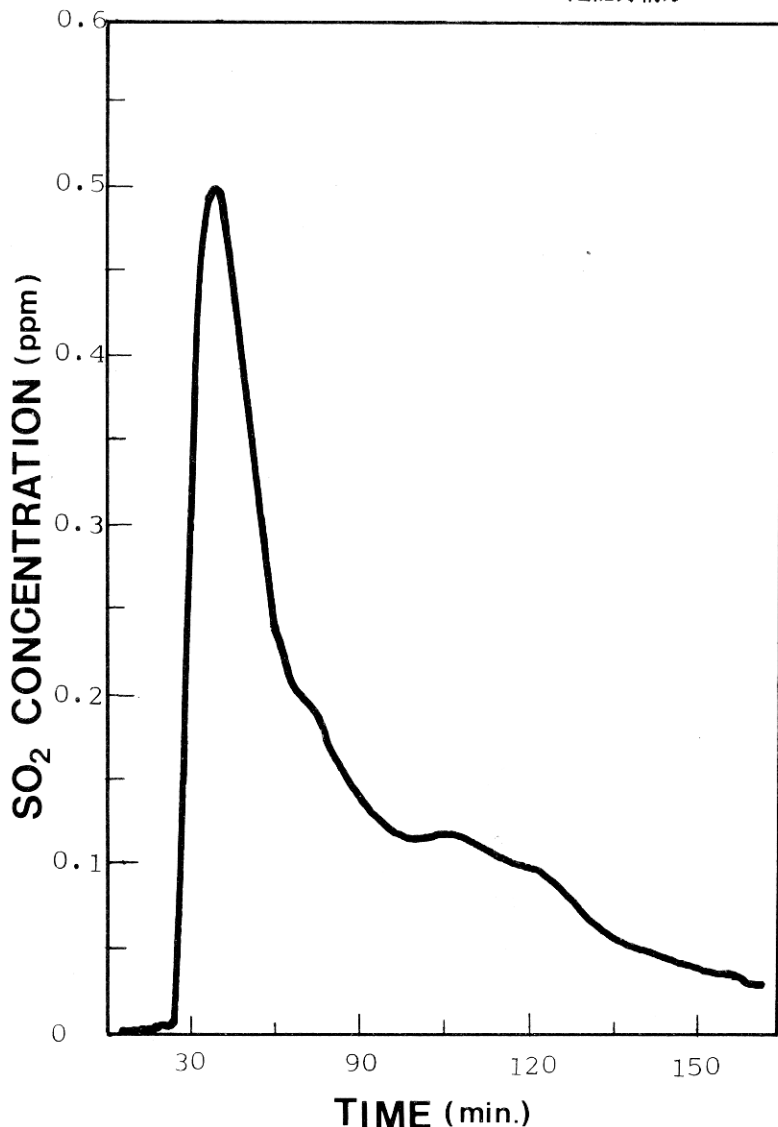
薰蒸室：由於二氧化硫之比重 (2.927) 比空氣 (1.185, 1atm, 25°C) 重，故為沉降氣流，為使植物在薰蒸室內能有較流通之空氣，一般多採用上空薰蒸室 (Open-top chamber)，本試驗之薰蒸室長、寬、高各為 1.5 公尺，地面部分正好可放滿廿五鉢素燒盆，地上部分圍以透明塑膠布，一面留有 70 公分高，30 公分寬之小門，門縫閉合處鑲有橡皮墊以防薰蒸時漏氣，頂部留有 30 公分見方之開口，上置風扇，為混合二氧化硫與空氣及通入空氣之處。此透明上空薰蒸室能使大豆在薰蒸處理時仍能得到足夠之光照與空氣，沉降之二氧化硫氣體可被植物及地面土壤所吸收<sup>(8)</sup>。

污染源之濃度供應：據 Guderian<sup>(10)</sup> 指出 1 ppm 二氧化硫濃度相當於每立方公尺空氣中含 2.6 毫克之二氧化硫 (1 ppm = 2.6 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> air)，由此，依氣體公式  $PV = \frac{W}{M}RT$  在定壓、定體積、定溫下，計算所需之定量二氧化硫氣體與空氣混合後灌入各個薰蒸室內。其中，二氧化硫為日本製鐵化學工業株式會社製造，不銹鋼筒裝，純度 99.5%，壓力 (P)

則由壓力錶控制在  $0.2 \text{ kg/cm}^2$ ，各薰蒸室之體積 (V) 均為 3.375 立方公尺，溫度 (T) 為薰蒸當時之絕對溫度，並將二氧化硫之流速控制在  $2.5 \text{ mg/sec}$ 。由此可將各薰蒸室之二氧化硫濃度加以定量。其中，流速是以下述方法測定：將筒裝二氧化硫連接壓力錶之 Teflon 管口接至 10 毫升之流量計上，此部分均於水中，以向上排氣法，由二氧化硫氣泡推動流量計內 10 毫升水柱所需之時間來換算二氧化硫之流速。

污染物之濃度變化：定量之二氧化硫氣體

與空氣混合後分別通入四個薰蒸室內，當各處理濃度分別到達下列濃度：處理 I—0 ppm；處理 II—0.5 ppm；處理 III—1.0 ppm；處理 IV—2.0 ppm 後，停止繼續供應二氧化硫，讓薰蒸室內之二氧化硫濃度自然下降。此濃度之變化同時以 CEA 555 Air Monitor 連續監視：當各薰蒸室內之二氧化硫達最高瞬間濃度以後，其濃度降為原來一半的時間約 30 分鐘，在二小時半以後，四薰蒸室內濃度最高在 0.05 ppm 以下。以處理 II 為例，圖一為 Air Monitor 之記錄情形。



圖一：以 CEA 555 Air Monitor 監視處理 II 之薰蒸室內濃度變化情形。

Fig. 1. Change of SO<sub>2</sub> concentration in treatment II chamber.

供試作物處理：每天上午九時將各處理廿五畝大豆逐機排列於薰蒸室內開始薰蒸，至十一時半停止後將大豆搬回室外。每週處理五天，至大豆收成爲止。如此在植株生長期間維持一穩定波動變化濃度（Steady fluctuation concentration）處理。

觀察記錄：依 Fehr 與 Caviness 氏<sup>(7)</sup> 以節間數(Node number 爲大豆生長期之劃分標準，每週記錄各處理各植株之生長期，觀察其受薰蒸處理後之形態變化，記錄各處理最早呈現癥狀反應之日期，以後每週調查各處理之受害株數及有癥狀反應之植株葉片受害嚴重程度，依發生之先後嚴重程度區分爲六級：0 級—無任何傷害；1 級—黃斑佔葉面積一半以下；2 級—黃斑佔葉面積一半以上；3 級—黃斑轉變爲壞疽佔葉面積一半以下；4 級—壞疽佔葉面積一半以上；5 級—全葉枯黃壞死。（圖二）。並將正常、黃斑、壞疽三種葉片做石蠟切片比較其內部結構之變異情形。

計算嚴重程度指標值(SI)，各個處理均以下述分式計算：

$$SI = \frac{\sum(PLG \times VG)}{VG(\max.)} \times PSP$$

式中，PLG (Percentage of leaf symptom grade) 乃各級癥狀葉片數佔全部有癥狀葉片數之百分率；VG (Value of leaf symptom grade) 則指受害癥狀之級數；VG (max.) (Max. value of leaf symptom grade) 爲受害級數最高值，此處爲 5；PSP (Percentage of symptom plants) 爲出現癥狀植株佔各處理株數百分率。當所有植株均不受害時，SI 值爲 0；當所有植株之所有葉片均呈 5 級癥狀反應時，SI 值爲 1。

### 三、結 果

春作大豆(3月~6月)自二氧化硫開始薰蒸後算起，第十八天開始出現癥狀反應，先是葉片尖端出現黃色斑點，漸漸擴大爲斑塊，並由黃化現象轉變爲棕色壞疽，發生部位由葉尖端向葉緣及葉基部延伸，但葉脈仍維持綠色，漸漸地葉緣捲曲，終至整個葉片枯燒掉落。（圖三）。表一爲春作大豆每日各以最高瞬間

Table 1. Symptom response of spring soybean to SO<sub>2</sub> injury.<sup>1)</sup>

Treatment	Week after treatment	PSP	PLG					SI
			VG:1	VG:2	VG:3	VG:4	VG:5	
I	3	0	0	0	0	0	0	0.000
	4	0	0	0	0	0	0	0.000
	5	0	0	0	0	0	0	0.000
II	3	0	0	0	0	0	0	0.000
	4	0	0	0	0	0	0	0.000
	5	49	31.17	24.22	26.59	13.29	4.73	0.233
III	3	8	68.42	15.79	10.53	5.26	0	0.024
	4	24	75.86	15.86	4.83	2.76	0.69	0.066
	5	72	59.92	13.45	6.40	1.70	18.54	0.294
IV	3	24	61.65	22.33	4.85	7.28	3.88	0.082
	4	44	45.52	13.55	2.81	1.28	36.83	0.238
	5	93	49.26	15.56	5.85	5.85	23.49	0.446

1) PSP: percentage of symptom plants  
 PLG: percentage of leaf symptom grade  
 VG: value of leaf symptom grade  
 VG(max): max. value of leaf symptom grade(=5)

SI: severity index  

$$SI = \frac{\sum(PLG \times VG)}{VG(\max.)} \times PSP$$

濃度 I : 0 ; II : 0.5 ; III : 1.0 ; IV : 2.0 ppm 之處理後，第三、四、五週之癥狀反應調查：在第三週，大豆之平均生長期為 V4.46，此時，處理 III 有 8%，處理 IV 有 24% 之植株出現癥狀，其受害癥狀以黃化現象居多。第四週約生長至 V5.59，此時約有 50% 之植株已開花，處理 IV 與 V 之癥狀株數增多，葉片壞疽現象亦增加。第五週約生長至 V6.84，所有植株均在開花期，此時處理 II 有 50% 受害，處理 IV 則高達 93%，相當嚴重。第六週以後開始莢結實，有些莢上可見褐色斑點，此時葉已漸黃化，有些葉片究因老化而變黃或是因受污染所致已不易分辨，故不再繼續比較數據。

夏作大豆（7月～9月）試驗結果顯示：處理 IV 在處理後第二天即見癥狀反應，且其癥狀反應速率很快：通常其葉片在出現黃斑以後，三天後即擴展至整個葉面，此時葉脈仍具綠色，此季黃化葉片在未轉變為壞疽時，葉緣即已捲曲，整個葉片在一週內即枯黃掉落（圖四）。表二為夏作大豆以二氧化硫薰蒸處理後第二、三週之癥狀反應情形：第二週時，平均生長期為 V3.67，處理 IV 已全部罹病，第三週之平均生長期為 V6.01，此時植株已開花。至第四週時，除處理 I 對照組之外，其它植株悉數枯死。

冬作大豆（12月～3月）對二氧化硫反應

Table 2. Symptom response of summer soybean to SO<sub>2</sub> injury.<sup>2)</sup>

Treatment	Week after treatment	PSP	PLG					SI
			VG:1	VG:2	VG:3	VG:4	VG:5	
I	2	0	0	0	0	0	0	0.000
	3	0	0	0	0	0	0	0.000
II	2	0	0	0	0	0	0	0.000
	3	15	100	0	0	0	0	0.031
III	2	0	0	0	0	0	0	0.000
	3	53	41.21	20.61	35.76	1.82	0.61	0.213
IV	2	100	40	22.73	13.64	23.64	0	0.442
	3	100	5.63	15.86	29.92	39.90	8.70	0.660

2) Abbreviations in each column represents the same meaning as indicated in Table 1.

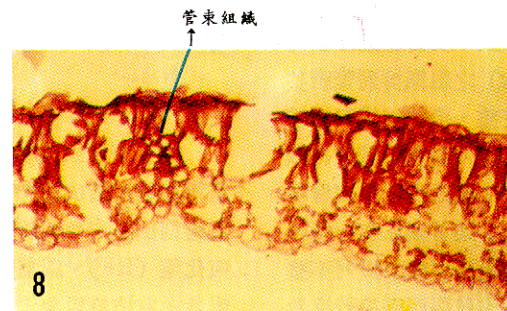
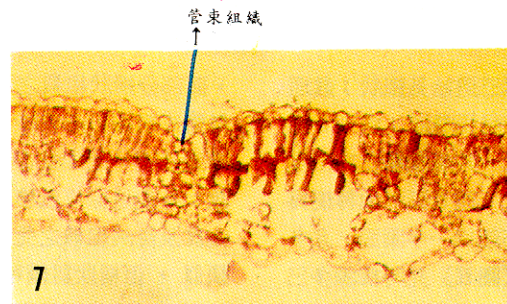
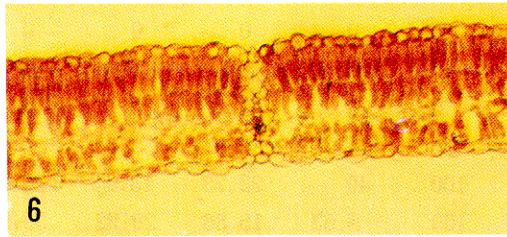
較慢：處理 IV 在處理後第三週始見癥狀；處理 III 比處理 IV 約遲五～七天呈現癥狀；處理 II 則在第五至第六週出現癥狀，其癥狀變化在出現黃色斑點後面積並不擴大，而是漸漸地轉變為棕色之壞疽斑點，面積不超過一半葉面，且多集中在葉緣及葉尖端。（圖五）此時植株多已結實，而有癥狀植株佔總植株不到五分之一。

以石蠟切片解剖受害及不受害之葉片橫切面顯示：正常葉片（圖六）之組織排列緊密整齊，其上、下表皮細胞完整，柵狀組織與海綿組織富含葉綠體且組織間排列整齊，管束組織之細胞亦完整。而受二氧化硫為害後外表呈現黃化硫狀之葉片（圖七），其下表皮有一些細胞已破裂致使其附近細胞壓擠而變成排列不整齊，海綿組織亦因部分細胞破裂而變得較鬆散

，而部分柵狀組織之葉綠體消失且組織變形，但管束組織仍然完好，且其最靠近之葉肉組織未遭破壞，此即受害葉片之葉脈仍保持綠色之故。外表呈棕褐色壞疽之葉片（圖八），其下表皮及海綿組織之受害情形與外表黃化之葉片類似，但柵狀組織可明顯看出細胞被溶離（Lysis）致使整個組織看起來支離破碎，甚至有角質層保護之上表皮部分細胞亦已遭破壞。

#### 四、討 論

大豆受二氧化硫為害後所反應之癥狀與其它污染物所造成之特癥不盡相同：受臭氧(O<sub>3</sub>)為害則出現白色或棕色小斑點 (Fleck)<sup>(5)</sup>，被氟化氫 (HF)、或氯化氫(HCl) 為害則見葉尖或葉緣有枯燒現象<sup>(10)</sup>，而受二氧化氮 (NO<sub>2</sub>)



圖二：大豆葉片受二氧化硫之為害癥狀可顯分為六級，由上左至右下止，分別為 0, 1, 2, 3, 4, 5 級之癥狀葉片：

- 0 級：無傷，1 級：黃斑佔葉面積一半以下
- 2 級：黃斑佔葉面積一半以上。而未有壞疽現象
- 3 級：壞疽佔葉面積一半以下
- 4 級：壞疽佔葉面積一半以上，然葉脈仍見綠色
- 5 級：全葉枯黃壞疽

Fig. 2. Degree of injury of soybean leaves after exposure to  $\text{SO}_2$ . From upper left to lower right:

- 0 grade—no injury
- 1st grade—yellowing area less than half of the total
- 2nd grade—yellowing area more than half of the total, but no necrosis occurred.
- 3rd grade—necrotic area less than half of the total
- 4th grade—necrotic area more than half of the total, but venation stayed green.
- 5th grade—dead leaf

圖三：春作大豆受二氧化硫為害後，葉片有黃化，壞疽，而葉脈仍維持綠色之癥狀

Fig. 3. Effect of  $\text{SO}_2$  on leaf in spring crop soybean: yellowing & necrosis but venation stayed green.

圖四：夏作大豆被二氧化硫為害之癥狀：葉片黃化後，在未轉變為壞疽時，葉緣即已捲曲，最後全葉枯黃。

Fig. 4. Effect of  $\text{SO}_2$  on leaf in summer crop soybean: after yellowing, curled leaf edge came before necrosis, leaf die at last.

圖五：冬作大豆受二氧化硫為害所呈現之棕褐色壞疽癥狀。

Fig. 5. The necrosis of winter crop soybean leaf caused by  $\text{SO}_2$ .

圖六：正常大豆葉片石臘切片（橫切面，150x）：組織排列整齊，葉綠體完整。

Fig. 6. Paraffin section (c. s., 150x) of soybean leaf in control group.

圖七：大豆受二氧化硫危害，外部呈現黃化之葉片橫切面（150x）其下表皮部分細胞破裂，使其鄰近細胞壓擠而變得排列不整齊，海綿組織鬆散，部分柵狀組織變形，葉綠體消失，但管束組織周圍仍一如正常葉片。

Fig. 7. Paraffin section (c. s., 150x) of yellowing soybean leaf caused by  $\text{SO}_2$  showing the destroyed lower epidermal cells, irregular tissue arrangement, loosed spongy structure, malformed palisade tissue and absence of chloroplast, while the cells around the vascular bundle still stayed intact.

圖八：大豆受二氧化硫危害外表呈現壞疽現象之葉片橫切面（150x）其下表皮與海綿組織之受害情形與圖 7 之枯黃化葉片類似，而柵狀組織細胞支離破碎，上表皮細胞亦遭破壞，然維管束組織仍完好。

Fig. 8. Paraffin section (c. s., 150x) of necrotic soybean leaf caused by  $\text{SO}_2$ . In addition to the symptoms described in the Fig. 7, some upper epidermal cells and all the palisade tissue were found destroyed.

與二氧化硫共同為害之癥狀則在下表皮出現紅色大斑點 (Spot) 而上表皮出現類似臭氧所致之癥狀<sup>(12)</sup> 這些癥狀中，受二氧化硫為害最明顯之特癥為葉脈部分，即使在葉片受害已快要枯落，葉脈仍維持綠色，此可作為鑑定空氣中二氧化硫為害癥狀之證據之一。

一般對於植物罹病之估計，多以發病株數百分率或受害葉面積之比率來計算。由於不同植株對二氧化硫之癥狀反應程度不同，有些植株只有一、兩片葉子出現一點黃斑，有些植株則十幾片葉子上兼有黃斑及壞疽現象。因此，僅由癥狀株數出現百分率或受害葉面積所佔之比率似不足以全然看出植物受害之嚴重程度，綜合了株數罹病率與癥狀分級二個因子所計算的 SI 值，似乎更能明顯地看出植物受污染嚴重程度之差異。

由夏作大豆對二氧化硫為害之反應急遽，而冬作則反應遲緩之結果可見：高溫會使空氣污染為害更嚴重。Rist 與 Davis 氏<sup>(11)</sup>分別在 13°, 21°, 32°C 時，以相同濃度之二氧化硫處理花豆 (Pinto bean) 之試驗結果也證實了高溫確能增加花豆之受害葉面積。國內在收集參考溫帶國家之空氣污染為害農作物之際，當考慮到本省氣候條件高溫又多濕，空氣污染之嚴重性當較外國堪虞！

Davis 氏<sup>(6)</sup>在 1968~1970 年間研究二氧化硫薰蒸對大豆產量之影響結果指出：唯有在可見為害癥狀出現時，才會使產量顯著減少，且受害葉面積大小與產量減少呈直線相關。曾與朱氏<sup>(1)</sup>指出：大豆在開花期後，葉片大小與葉面積指數多寡直接影響子實生產。本試驗之大豆受二氧化硫為害後出現可見為害癥狀時，除夏作更早之外，均在開花期，由石蠟切片顯示受害葉片之葉綠體已遭破壞，光合作用量自亦減少，此可能影響到最終產量。此外，由本試驗之 SI 值可見：在不同濃度處理及隨時間延長之變化情形下，愈高濃度，時間愈久，受害愈嚴重。然而，較低濃度 (處理 II) 在早期雖然受害不明顯，但到開花結莢時為植株生長與產量有關之關鍵時期則見癥狀，且其 SI 值比高濃度 (處理 III、IV) 短期之 SI 值還要高。因此，在某些地區，或許空氣中存在的二氧化

硫含量不高，但長期累積下來，仍是不能掉以輕心的。

解剖大豆葉片受二氧化硫為害之橫切面顯示：其被害次序依次為下表皮、海綿組織、柵狀組織或上表皮，最後是維管束組織。一般而言，下表皮由於氣孔多，為氣體進出之門戶，受空氣污染為害自為首當其衝，而海綿組織結構為鬆散，故受害比柵狀組織來得嚴重，而維管束組織周圍多有厚壁細胞環繞，故受害最遲。可見，具較多厚壁細胞或較多葉肉之革質葉片對二氧化硫之抵抗力可能會比膜質葉片較強，此可作為種植在作物周圍或污染地區附近之樹離種類之選擇參考。

由於實際上工廠排煙對環境之污染情形，多由排煙當時之最高瞬間濃度逐漸下降，故本試驗之二氧化硫濃度狀況乃模擬由達到最高瞬間濃度後使之自然下降。事實上，空氣污染物錯綜複雜，遠非吾人所能輕易控制，除二氧化硫外，空氣中尚有 PAN (Peroxyacetyl nitrate)、臭氧、一氧化碳、氟化物、氯化物及氮氧化物等污染物，這些空氣污染物有些互相之間有協力 (Syneresis)、加成 (Addition) 等作用<sup>(12)</sup>，遠比二氧化硫單一因子影響要嚴重多了。本試驗以二氧化硫單一因子對大豆之形態上影響，期以初步了解空氣污染為害作物之情況，有關為害程度與植物生理及產量減少之關係，則有待進一步探討。

## 五、謝 辭

本試驗經費承農林廳 (80-SP-TX-082) 支助，新竹農業改良場黃秘書益田慨借空氣監視器 (Air Monitor)，本中心蕭文鳳小姐提供許多大豆栽植試驗之參考資料，陳秋男博士指教資料分析，王清澄博士悉心校稿指正，謹此致謝。

## 六、引 用 文 獻

1. 曾富生、朱德民，1979。大豆伸育性之育種學研究 XIII，生育期間光合產物始源大小與產量之關係。科學發展月刊 7(8): 843-856。
2. 游碧堉、饒連財，1980。從植物對二氧化

- 硫之反應看空氣污染。環境科學 1(3):71-84。
3. 魏維新, 1978。空氣污染傷害農作物。臺灣省環境衛生 10(2):44-59。
  4. 羅美棧、陳清義, 1980。臺灣省空氣污染影響農業實況調查改善及試驗研究計劃工作報告。臺灣省環境衛生實驗所編印。pp. 73。
  5. Beckerson, D. W., G. Hofstra and R. Wukasch. 1979. The relative sensitivities of 33 bean cultivars to ozone and sulfur dioxide singly or in combination in controlled exposures and to oxidants in the field. *Plant Dis. Repr.* 63(6):478-482.
  6. Davis, C. R. 1972. Sulfur dioxide fumigation of soybeans: effect on yield. *J. Air Pollut. Cont. Assoc.* 22(12):964-966.
  7. Fehr, W. R. and C. E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. CODEN. CODEN:IWSRBC (80):1-12.
  8. Ferenbaugh, R. W., W. S. Gaud and J. S. States. 1979. Pollutant sorption by desert soils. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* 22:681-687.
  9. Fishelson, G. and P. Graves. 1978. Air pollution and morbidity: SO<sub>2</sub> damages. *J. Air Pollut. Cont. Assoc.* 28(8):785-789.
  10. Guderian, R. 1977. Air pollution: phytotoxicity of acidic gasses and its significance in air pollution control. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York, pp 127.
  11. Rist, D. L. and D. D. Davis. 1979. The influence of pinto bean foliage to sulfur dioxide. *Phytopathology* 69: 231-235.
  12. Varshney, C. K. and J. K. Garg. 1979. Plant responses to sulfur dioxide pollution. *CRC Critical Reviews in Environmental Control* 27-49.