

二氧化硫對東亞蘭石斛蘭及蝴蝶蘭的危害

Studies on Injurious Effects of Sulfur Dioxide on *Cymbidium*, *Dendrobium* and *Phalaenopsis*

蔡秀錦*
S. C. Tsai

王博仁*
P. J. Wang

摘要

東亞蘭受二氧化硫的危害最為嚴重，其次依序為石斛蘭、蝴蝶蘭。東亞蘭在 20 ppm 二小時、石斛蘭與蝴蝶蘭在 60 ppm 二小時下開始受害。

危害的外視徵象是水浸狀兩面性的細胞崩潰或(和)黃化，繼而呈褐色並凋萎呈白色薄膜狀；內部危害是原生質向中央集中，致使細胞喪失原形而崩潰。東亞蘭在葉肉組織發生嚴重的細胞崩潰，石斛蘭、蝴蝶蘭則在近上表皮之組織受害較重。三者皆由葉尖開始受害。

氣孔和明暗呈二十四小時節奏性地開閉，在開始照光後四到八小時的氣孔開閉比例達於最高；同時石斛蘭上表皮無氣孔存在。綜合氣孔開閉和內部危害情形而推測二氧化硫之危害主要由表皮滲入。

高濃度且具有危害的二氧化硫下，呼吸量較未通氣者少；反之，在低濃度且無危害的濃度下，則促進。

緒言

人口聚增，工廠設立，致使同一地區，同一時間使用各種不同燃料而造成了空氣污染，其中以二氧化硫的研究為最早，危害也較嚴重。十九世紀末，Haselhoff 和 Lindau 從事二氧化硫對植物方面的危害；後來 Thomas 曾就二氧化硫危害植物之外表徵象，危害途徑和機制做了詳細的報導。它使裸子植物針狀葉葉尖發生崩潰；降低大豆、水稻及小麥的產量並阻止生長；使闊葉植物的葉緣及葉脈間發生斑點狀的崩潰和黃化；也危害菊花、鬱金香、秋海棠、天竺葵等觀賞植物。但對經濟價值甚高

*中央研究院助理研究員及副研究員

的蘭花方面之研究報告似乎還沒有過，今就二氧化硫對蘭葉氣孔開閉，外表危害及危害最低濃度，內部細胞受損，生理生化方面做一系統性的探討。

材料與方法

東亞蘭 (*Cymbidium Lillian Stewart "Red Carpet"*; Balkis × Carisona. 1955) 是經由生長點無菌培養所分化長成的假體，石斛蘭 (*Dendrobium Phalaenopsis "American Beauty"* × D. P. "Lady Fay" 的自交) 和蝴蝶蘭 (*Phalaenopsis amabilis* var *Formosana*) 是經由無菌播種萌芽而成的小植株。培養在 Murashige & Skoog 及 Knudson C 所改良的培養基上，且在生物生長箱 (Growth Chamber) 內，此時光強 2000 Lux，日溫 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 夜溫 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ，日長十二小時。直至東亞蘭長到高六至八公分，蝴蝶蘭左右葉長三至五公分，石斛蘭高三至五公分，就可以進行下列之三種實驗。

一、氣孔開閉和明暗關係及通氣後氣孔之觀察：

從照光開始(早上六點)到晚上十一點為止，每二小時取出葉片進行石臘切片和 Collodium 法，來觀看氣孔開閉和明暗之關係。通 60 ppm 二氧化硫一小時後，取出葉片做切片觀察以便和未通氣者之相對時間下之氣孔做一比較。

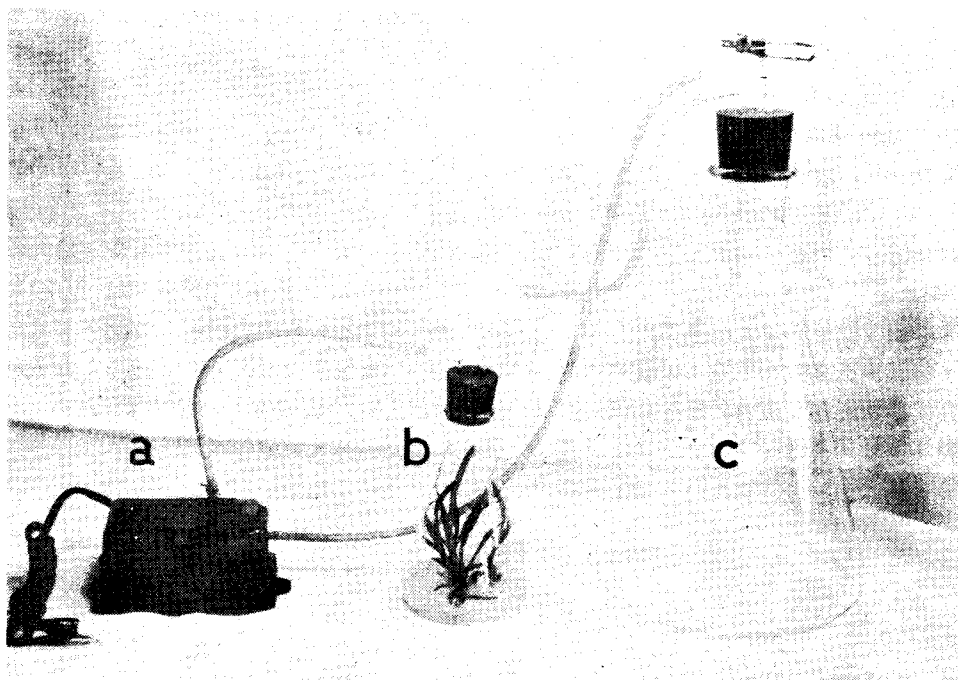
二、通氣裝置和化學藥品：

二氧化硫是由亞硫酸與濃硫酸作用所產生的氣體，經稀釋成所需濃度。通氣裝置如圖一所示，如此空氣能循環不已。約照光四至五小時(氣孔數開得最多也最大)，注入一定量二氧化硫(由 0.5 ppm 開始嘗試)，然防止二氧化硫在循環中濃度之降低及植物體代謝而改變瓶內氣體成份，每半小時更換

一次，以維持一定的二氧化硫濃度，如此持續數小時後，中止通氣。這些過程及通氣完後的植物株均在生長箱內進行。

三、外表形態觀察及葉面顏色的改變：

通氣完後，每二十四小時取出觀察它的外視危害，這種觀看包括水浸狀危害之有無，葉色的變化及枯萎之程度等等。同時通氣後二天，行葉綠素抽出液的比色。

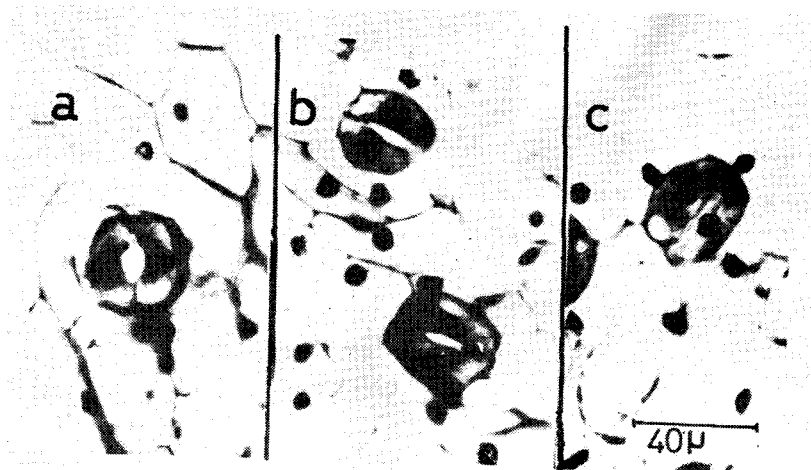


圖一、通氣裝置

a：空氣唧筒

b：無菌培養蘭花的三角瓶

c：2000cc 三角瓶，內充入所需濃度的二氧化硫



圖二、氣孔開閉大小。左：大開；中：半開；右：閉。

四、內部解剖：

未通氣和通氣後一天、三天的蘭葉做成石臘切片，以比較這三者內部細胞之受損情形。

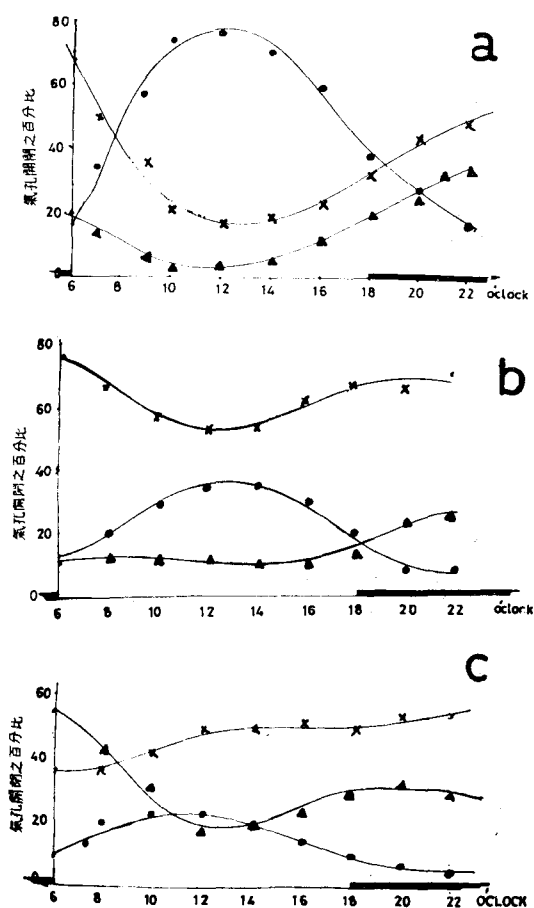
五、呼吸量之測定：

藉用 Warburg manometer 來測定未通氣和通氣 60 ppm, 20 ppm 二氧化硫後，蘭葉在單位乾重量所消耗的氧氣。

實驗結果

一、氣孔開閉，明暗及通氣後之關係：

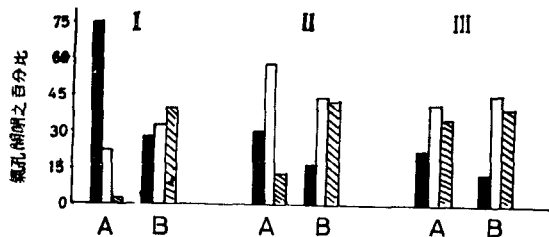
氣孔開閉呈二十四小時的節奏性，且在同一時間下氣孔由大開到關閉之連續狀況均存在(圖二)。它之比率在接受光線的時間成比例(圖三)。



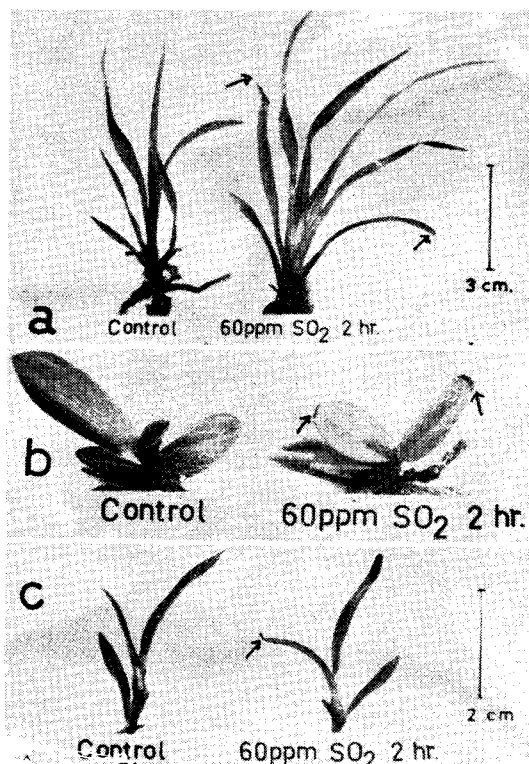
圖三、蘭花氣孔和光照時間的關係

a: 東亞蘭 b: 蝴蝶蘭 c: 石斛蘭

● : 氣孔大開 × : 氣孔半開
▲ : 氣孔關閉 ■ : 暗期 — : 明期



圖四、通二氧化硫 60 ppm 一小時後和未通氣者之相對時間下，氣孔開閉比例比較圖。I: 東亞蘭 II: 蝴蝶蘭 III: 石斛蘭 ■ 氣孔大開 □ 氣孔中開 ▨ 氣孔閉 A: 未通氣者 B: 通 60 ppm 二氧化硫一小時。

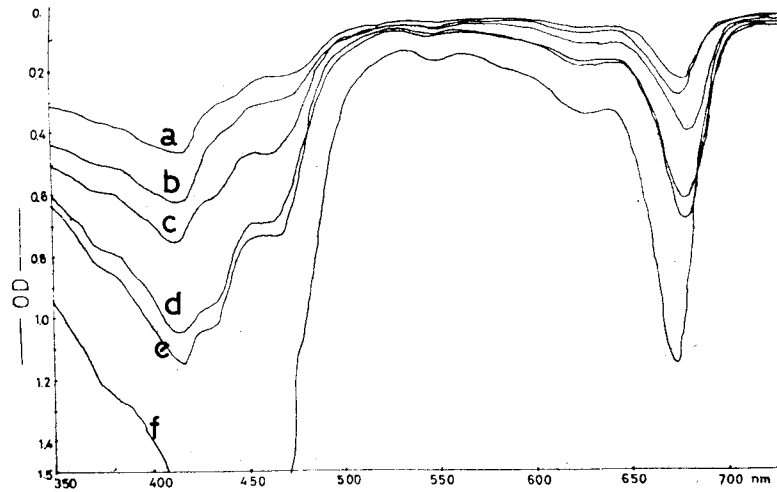


圖五、蘭花因二氧化硫所造成的可視危害和未通氣者相比較

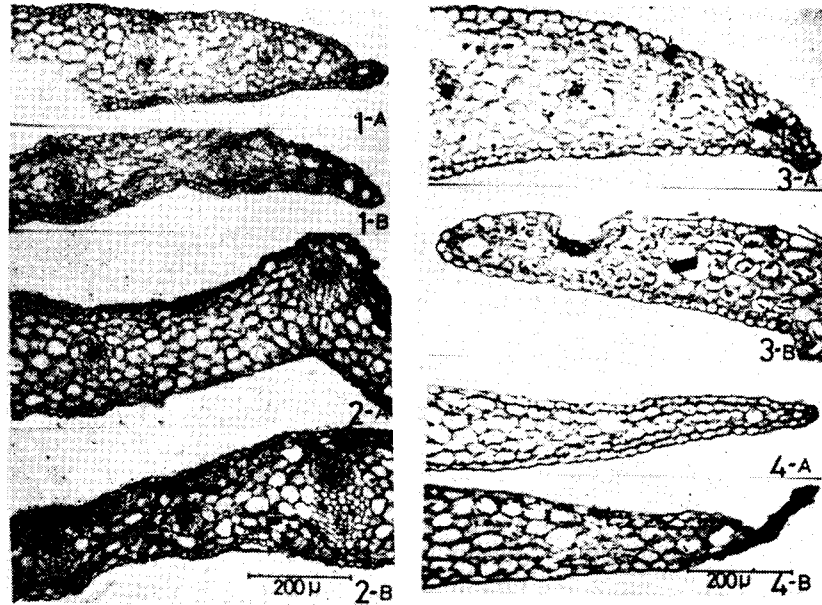
a: 東亞蘭 b: 蝴蝶蘭 c: 石斛蘭。前頭所示為受害部位。

般大開氣孔數在照光後六小時隨照光時間之增長而增加，繼而下降；中開和關閉氣孔數則相反。又由統計數目得知東亞蘭氣孔之開啓比例大於蝴蝶蘭，更大於石斛蘭。

經由石臘切片和 Collodium 法足以證明石斛

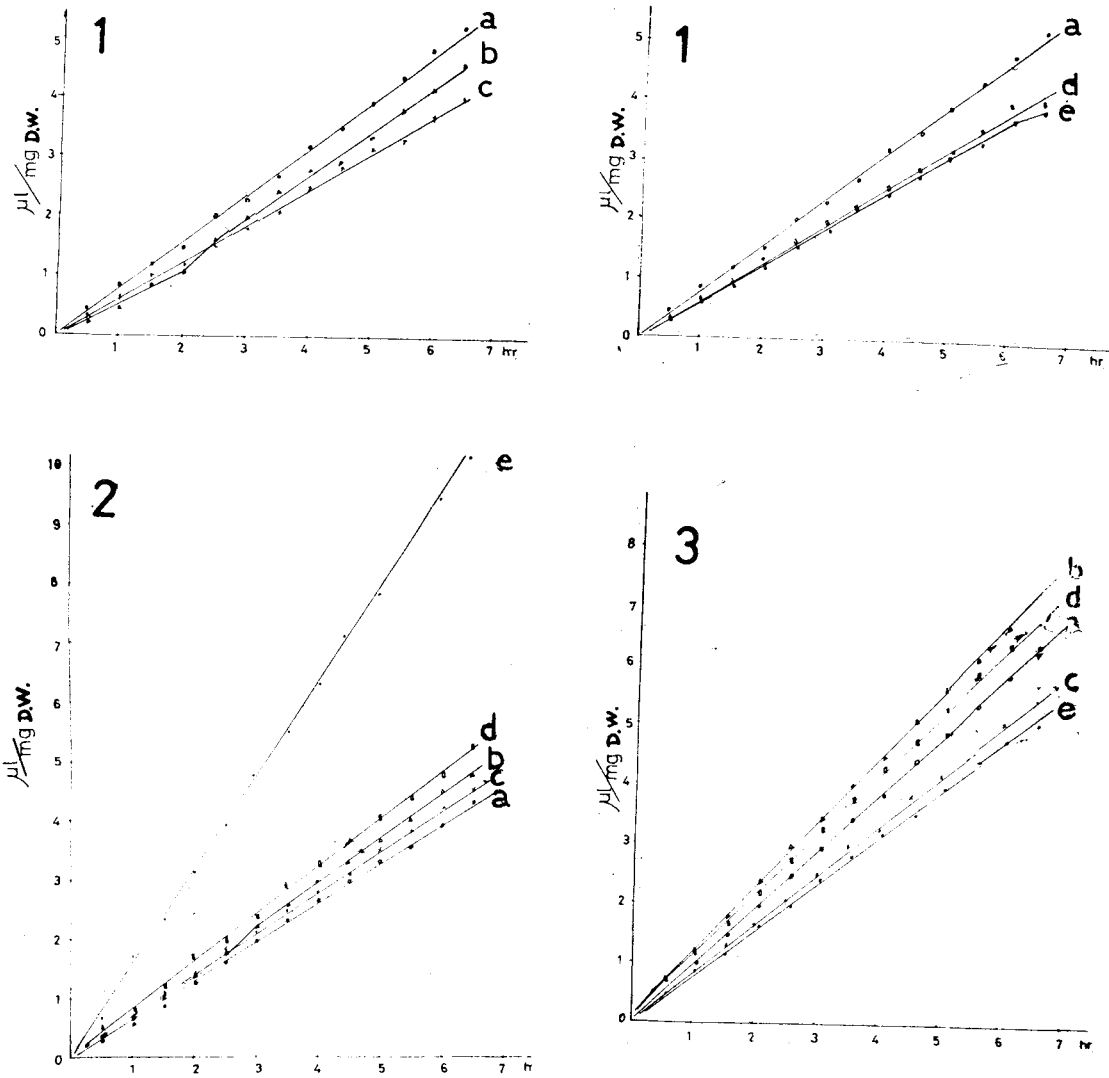


圖六、東亞蘭通二氧化硫後二天，所測得色素的吸光曲線與未通氣者相比較（短波的吸光率為2.1），由上而下依序為60ppm 三小時、二小時、一小時 20 ppm 二小時一小時及未通氣者。



圖七、蘭葉受害的內部解剖和未受害者相比較

- 1 東亞蘭葉尖 2 東亞蘭葉脈 3 石斛蘭葉尖
- 4 蝴蝶蘭葉尖 A：未通氣 B：已通氣



圖八、比較蘭葉通二氧化硫後的氧氣消耗量

a : 0ppm

b : 通 20ppm 二小時後馬上測之。

c : 通 60ppm 二小時後馬上測之。

d : 通 20ppm 二小時後，隔日測之。

e : 通 60ppm 二小時後，隔日測之。

1. 東亞蘭 2. 蝴蝶蘭 3. 石斛蘭

蘭上表皮無氣孔存在，在此為一新發現。

通一小時二氧化硫後的蘭葉氣孔大部分呈關閉及半開狀（圖四），自上表皮關閉氣孔數較下表皮為多，又關閉的大小依序為東亞蘭、蝴蝶蘭、石斛蘭。

二、通氣後外表形態之觀察和葉面顏色之改變：

本實驗是先以 0.5 ppm SO₂ 開始，視其受害情形才逐步增加，最後選定 20、40、60 ppm 當做此實驗的主要濃度。東亞蘭受害程度較蝴蝶蘭、石斛蘭為重。一般通氣後一、二天，近葉尖部分呈水浸狀兩面性的細胞崩潰或（和）黃化，三、五天後轉變成葉尖萎凋狀，同時褪成象牙色（圖五）。葉之受害部分和二氧化硫濃度、通氣時間成正比（表一）。蝴蝶蘭、石斛蘭受二氧化硫的危害較少，外視危害難由葉顏色來分辨，水浸狀地崩潰和黃化部分均較東亞蘭為少。

經由連續光譜之光度計所測出吸光曲線（圖六）得知無或極少外視危害的蘭葉已有色素之改變，這種葉綠素減少程度和二氧化硫濃度，通氣時間成正比。

三、內部解剖：

蘭葉下表皮細胞排列較上表皮規則且緊密，氣孔數目較多，角質層也較厚。通氣後，葉肉細胞之細胞質先向中央聚集，繼而原生質分離，最後崩潰而喪失原形。東亞蘭呈水浸狀危害時的葉肉組織細胞開始崩潰，近表皮的細胞已有原生質分離之現象；蝴蝶蘭、石斛蘭亦然，唯上表皮組織受害較下表皮為烈（圖七）。

四、呼吸量之測定：

東亞蘭之葉子，不管在 20、60 ppm 二氧化硫下，它之呼吸量均受抑制而降低；蝴蝶蘭則不然，呈促進作用；石斛蘭在 60 ppm 下為抑制，在 20 ppm 下呈促進（圖八）。

討 論

東亞蘭對二氧化硫最為敏感也就是受害最重，石斛蘭次之，再者是蝴蝶蘭。這種差異和葉肉細胞層次、表皮細胞排列、角質層厚薄和葉脈分佈有相當密切的關係。它們危害是由葉尖開始呈水浸狀兩面性細胞崩潰的徵象與於雙子葉植物在葉緣及葉脈間呈斑點狀的崩解。再者蘭花（單子葉植物）抗拒

表一：通二氧化硫後，葉子受害情形

a 東亞蘭 b 蝴蝶蘭 c 石斛蘭

A.

濃度、時間	葉子受害百分比(註一)			觀察植株數	
	第一葉~第三葉	第四葉~第六葉	整株葉子		
20 ppm	1hr	0	0	0	25
	2hr	0	4	2	30
	3hr	3	4	335	25
	5hr	3	5	4	25
40 ppm	1hr	0	3.5	2.5	20
	2hr	3.1	5.2	4.5	30
	3hr	15.1	37.4	22.6	20
	5hr	22.8	54.8	33	20
60 ppm	1hr	2.8	55	41.6	30
	2hr	40.7	50.5	44.4	50
	3hr	54	67.3	59.4	30
	5hr	56	80.4	64	30

註一：葉子受害百分比：葉子受害長度 / 葉子全部長度

B.

濃度、時間	葉子受害百分比				觀察植株數	
	第一葉	第二葉	第三葉	整株葉子		
20 ppm	1hr	0	0	0	20	
	2hr	0	0	0	30	
	3hr	0	0	0	25	
40 ppm	1hr	0	0	0	20	
	3hr	0	0	0	20	
	5hr	0.8	0.9	0	0.8	20
60 ppm	1hr	0	0	0	30	
	2hr	1	3	0	2	50
	3hr	5	6	3.6	5	30
	5hr	1.3	9.9		11.5	30

C.

濃度、時間	葉子受害百分比				觀察植株數	
	第一葉	第二葉	第三葉	整株葉子		
20 ppm	1hr	0	0	0	25	
	2hr	0	0	0	30	
	3hr	1.0	0	0	0.9	30
40 ppm	1hr	0	0	0	20	
	3hr	0	0	0	0	20
	5hr	0	0	0	0	20
60 ppm	1hr	0	0	0	30	
	2hr	6.6	2.1	2.3	2.1	50
	3hr	0	2.6	5	2.5	30
	5hr	3.9	7.5	14.8	8.8	30

二氧化硫的能力遠大於雙子葉植物。這種二氧化硫危害程度和它之濃度、通氣時間成正比。

氣孔因二氧化硫而關閉，其中上表皮較下表皮顯著，又石斛蘭上表皮缺氣孔，然而受害部分卻以上表皮附近組織較為嚴重，故推測二氧化硫可由表皮滲透進來，尤其在氣孔局部性關閉後，表皮滲透就成為二氧化硫侵害蘭葉的主要途徑，這異於 Thomas 所言二氧化硫由氣孔侵入的說法。

二氧化硫可破壞葉綠素和（或）減少葉綠素合成，Mamaev 認為 SO_2 不但使松苗子葉之葉綠素轉變成 Pheophytin，也完全破壞胡蘿蔔素，部分瓦解 Violaxanthin。破壞蘭葉色素和濃度，時間均成正比。

不造成外視危害之二氧化硫，均加速呼吸作用，推測它被植物細胞所接受並轉化成所需的物質，此時需要 ATP 的供給，故呼吸作用加速。一旦二氧化硫濃度超過細胞的要求，就會擾亂代謝系統並破壞細胞組成，進而瓦解細胞，所以呼吸作用降低。Leone 認為煙草、馬鈴薯在缺硫狀況下，對二氧化硫的敏感度降低。

二氧化硫危害程度常因個體而異，然由生長點而來之東亞蘭因基因型相同，結果甚佳，是最好的實驗材料。除個體差異外，和光、溫度、土壤、濕度、風、營養狀況等因子均有密切的關係，今實驗自始至終都放在生長箱內進行，已預先將一切外在因子維持一定，日後想從事 SO_2 和這些外在因子的共存下，對蘭葉的危害將如何？

現階段在空氣污染最為嚴重之台北市二氧化硫濃度下，似乎對蘭葉不足以引起危害，然空氣污染物常有相成作用（Synergism），是否二氧化硫和臭氧對蘭葉危害也具有相成作用是今後我們想進一步探討之題目。

參考文獻

1. 陳克彥 1970 七月於中研院植研所講演稿
2. 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. Hortic Sci 97:341-345
3. Berry, C. M., 1971. Relative sensitivity of red, jack and white pine seedling to ozone and sulfur dioxide. Phytopathol 61: 231-232.
- *4. Brennan, E., and I.A. deone, 1972. Chrysanthemum response to sulfur dioxide and ozone. Plant Dis. Report 56:85-87.
5. Costonis, A. C., 1970. Acute foliar injury of eastern white pine induced by sulfur dioxide and ozone. Phytopathol, 60:994-999
6. Costonis, A. C., 1971. Affect of ambient sulfur dioxide and ozone on eastern white pine in a rural environment. Phytopathol 61:717-720.
- *7. Dobrovolskyi, I. A., and Y. A. Strikha, 1971. Increase in plant resistance to gas under the effect of trace elements. UKB Bot ZH 28:698-732.
- *8. Dochinger, L. S., L. M. Townsend et al, 1972. Responses of Pollut. Control Assoc. 22:369-371.
9. Francis, H.W, F. B. David and M. D. Robert, 1971. Chlorophyll absorption spectrum and quantitative determination. Experiment in plant physiology. pp. 245.
10. Fujiwara, .Jakaski, and Haruhiko Ishikawa, 1971. Influence of atmospheric sulfur dioxide on vegetable crops. j. Agric. Lab. (CHIBA) 11:87-96.
11. Janiyama Tetsuro, Hiroki Arikado and Yukikiro Iwata, 1971. Studies on the mechanism of injurious effects of toxic gases on crop plant IX: Effect of sulfur dioxide treatment for a long period on dry matter production in rice plant. Proc. Crop. Sci. Soc. Jap. 40:455-461.
12. Jeung, Y. H., 1970. Sulfur dioxide injury to paddy rice. Plant Environ. 13: 57-61.
13. Karpen, D.N., 1970. Ozone and sulfur-dioxide synergism: Foliar injury to a

- ponderosa pine geographic race plantation in the Puget Sound region. Plant Dis. Report 54:945-948.
14. Knudson, C., 1922. For orchid seedling in culture. Bat. Gaz. 73:1-25.
15. Lauson, R.H., 1970. Etiology of flower neorosis in cattleya orchids. Phytopathol. 60:36-40.
- *16. Leone, I. A., and E. Brennan, 1972. Modification of SO_2 injury to tobacco and tomato by varying nitrogen and sulfur nutrition. J. Air. Pollut. Control Assoc. 22:544-547 1972.
- *17. Mamavy, S. A., and V. S. Nikolaevskii, 1968. Some characteristics of the susceptibility of Scotch pine seedlings to injury by SO_2 . Tr Inst. Ekol Rost Zhivotn Ural Fil Akadnauk SSSR 62: 203-207.
- *18. Mansfield, T. A., and Ondrej Majernik, 1970. Can stomata play a part in protecting plant against air pollutants. Environ. Pollut. 1:149-154.
19. Meneer, H.A., and H. E. Heggstad, 1966. Ozone and sulfur dioxide synergism: Injury to tobacco plants. Science. 153:424-425.
20. Murashige, T., and F. Skoog, 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant 15:473-497.
21. Stern, A. C., 1968. Air Pollutinn I. pp. 694.
22. Taniyama, Tetsuro, and Hiroki, 1970. Studies on the mechanism of injurious effects of toxic gases on crop plants: V Symptoms of injury and stomatal apertures of tulip plant exposed to SO_2 and HF. Pro. Crop. Sci. Soc. Jap. 39:525-532.
23. Thomas, M.D., and G. R. Hill Jr., 1935. Absorption of sulfur dioxide by alfalfa and its relation to leaf injury. Plant Physiol. 10:291
24. Thomas, M. D., 1951. Gas Damage to Plant. Ann. Review of Plant Physiol. 2:293-322.
25. Tingey, D. T., W.W. Heck, and R.A. Reinert, 1971. Effect of low concentration of ozone and sulfur dioxide on foliage, growth and yield of radish. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 369-371.
- * 來自 Biological abstract.

Studies on Injurious Effects of Sulfur Dioxide
on *Cymbidium*, *Dendrobium* and *Phalaenopsis*

S. C. Tsai P. J. Wang

Sulfur dioxide has different injuries to the leaves of orchids, and the effect is varied with the species. The order of plant injuries to SO₂ is expressed as following: *Cymbidium* > *Dendrobium* > *Phalaenopsis*. Damage of orchids can be seen when *Cymbidium* is fumigated with 20 ppm of SO₂, and *Phalaenopsis* and *Dendrobium* with 60 ppm.

As the plants absorbed enough gas or more, the tip area of the leaves appears to be dull soak-water shape initially, necrosis and/or chlorosis laterlly, and drying and bleaching to an ivory color finally.

The tissue was plasmolyzed initially, and changed in structure integrity. The necrosis phenomenon was found in the mesophyll of *Cymbidium*, and more injurious near upper epidermis in *Dendrobium* as well as near leaf tip in *Phalaenopsis*.

They have 24 hours rhythm in stomata

opening which depended of light-dark period. When orchid plants are exposed to light for 4 to 8 hours, the width and number of stomata opening reached at maximum. At that time, fumigation was started.

From the observation, visible damage increased with duration and the number of stomata opening, also increased after the fumigation of SO₂ concentration on orchids.

None stomata was found in the upper epidermis of *Dendrobium*, but severe injury occured of this part. These results support the hypothesis that SO₂ penetrates through epidermis.

When plants were exposed to SO₂ at concentration as low as 20-60 ppm, no visible injury was found but the oxygen exchange in leaves was higher than that of untreated one.