

## 空氣落塵對作物生長之影響

### II. 空氣落塵對作物發芽及光合作用速率之影響

范基南

台灣省農業藥物毒物試驗所

#### 摘 要

空氣中之落塵量，在台中地區較少（18.85 tons/km<sup>2</sup>/月）新竹地區（67. tons/km<sup>2</sup>/月）及高雄大社地區（57 tons/km<sup>2</sup>/月）則屬嚴重污染地區。由落塵之主要成份不同，pH 也不同，土塵為6.89，煤灰為5.54，而由水泥灰塵為 12.55。其電導度依序為 133、414及1380  $\mu$  s/cm。而由蒐集之落塵分別加水，作發芽試驗，以菠菜之影響較大。水稻、萵苣、大豆等則影響不顯著。以水泥灰，土塵及煤灰直接噴諸於菜豆、空心菜及萵苣之葉片上，每天中午測其光合作用速率，結果以水泥灰影響光合作用速率最大，煤灰其次，土塵又次之。若以田間將已覆有水泥灰、土塵或煤灰之空心菜、萵苣或菜豆擦拭後第一、二、三天分別測其光合作用速率，結果均顯著增加，可見落塵確可影響光合作用。

關鍵字：空氣落塵、作物、發芽、光合作用速率

## S u m m a r y

In order to understanding the effect of particulate matter (PM) in the air in Taiwan Area on the growth of crops, the PM which came from cement、building work or coal plant was collected by Dustfall Jar. The total PM from cement and coal plant showed very serious pollution. The pH of cement dust、soil and coal dust PM solution was 12.55、6.89 and 5.54 respectively and the conductivity was 1380、133 and 414 respectively. The germination rate of spinach seeds were decreased significantly, but lettuce、soybean and rice were not affect. The photosynthesis rate was also significantly affected by PM.

Key Words: Airborn particulate matter、Crops、  
Germination、Photosynthesis rate

## 前 言

空氣污染物主要有氣體及固體兩大部份，粒狀物質(particulate matter, PM)之空氣污染物有許多種類，如燻煙(fume)、煙霧(mist)、黑煙(smoke)、塵粒(dust)、飛沫(spray)、飛灰(fly ash)等，其粒徑大小由0.001至500 $\mu\text{m}$ 不等大部份為0.1~10 $\mu\text{m}$ ，如果粒徑小於10 $\mu\text{m}$ ，即可能長期懸浮在空氣中，若被人吸入、即可為害呼吸系統，而其PM之毒性依其成份而有不同謀程度之為害，重要之粒狀污染物之污染源有鍋爐之飛灰、燻煙、黑煙；水泥廠之塵粒、陶器燒製廠之塵粒、飛灰；煉鐵爐之塵粒；焦爐之燻煙及塵粒，焚化爐之塵粒及燻煙；礦物粉化廠之塵粒；汽機車排放之黑煙及燻煙；土木施工場地之塵粒等，均為主要之污染源(張能復，1991)。

在美國，據1973年之報告，空氣污染總量中，估計有9%為粒狀污染物(黃正義，1991)而在台灣，粒狀污染物約為空氣污染總量之70%(台灣省環境保護處，1991；環保署，1990)可見其嚴重性遠在歐美先進國家之上，尤其台灣為一小島，工廠林立，工商發達，依據環保署及省環保處歷年統計資料固體污染物之污染成度一直居高不下，對本島之空氣品質，生態環境造成相當大之影響，不僅為害人門之健康，器具在長期污染下受到腐蝕，土壤物理化學性質被迫改變，間接影響氣候及植物生長，其影響不可謂不大，亦不容大家忽視。國內這方面之研究極少，實有加強探討研究之必要。

固體污染物之來源不同，其成份亦有很大差異對作物造成之影響自亦不同，如工業地區製造水泥之工廠其生產過成，有大量水泥飄浮在工廠四週，造成人體及植物很大之傷害。如在美國加州水泥廠附近水泥灰沉澱達1.5g/m<sup>2</sup>/day，在法國更有達3.8g/m<sup>2</sup>/dag之紀錄。其對植物造成之直接影響，有嚴重影響植物之生長及發育，干擾葉面光線之吸收，影響光合作用，

減少澱粉之形成，影響蒸散作用，且由於水泥灰之pH 達10 - 12，能透管氣孔，傷害內層細胞，間接者為落在土壤中，而使土壤pH更趨鹼性，而影響作物之生長(朱德民，1990)有許多報告指出，空氣中固體污染物直接成間接影響了作物之生長，在澳州Aiken及Bell (1985)曾以飛灰直接處理溫室中栽植之菜豆及羅滋草，結果發現植株生長影響，且有硼中毒之現象。但在土壤貧脊之地施以煤灰卻有提高小麥產量之效果 (Wallace 與 Wallace,1986;Petruzzelli et.al.1986)。Elsewi 及 Page (1984)也以飛灰施於酸性及鹼性土中，栽植苜蓿、百慕達草、白花、三葉草、大麥等，結果發現在每公斤培養土中加40g以上之飛灰時，可提高這些作物植體中 Mo 之含量。Shukla及 Mishra(1985)更以飛灰水溶液處理玉米及大豆種子，做發芽試驗，發現水溶液濃度愈高，會有抑制發芽之現象。可見飛灰確會影響作物之生長發育。若以3~7g/m<sup>2</sup>之量之水泥灰加之於土壤中，連續90天則所種植之油菜，不僅產量減少，其葉中光合作用色素含量降低，連種子中油之含量也減少 ( Shukla et al.,1990)。

本試驗即參考省環保處，行政院環保署及先進國家之方法，先選擇在北、中、南各地以築路工地、水泥工廠及堆煤場為對象，以落塵筒法(Dustfall Jar)，蒐集落塵量，並蒐集煤灰、塵土及水泥以不同水溶液濃度作發芽試驗，以探討對作物種子發芽率及苗期生長之影響，並探討落塵對作物光合作用速率之影響。

## 材 料 與 方 法

### (一)落塵蒐集與落塵量測定：

取Dustfall Jar法，以保特瓶掛於蒐集定點，每個月取回一次，秤取重量，以計算單位面積(km<sup>2</sup>)之月落塵量。

### (二)發芽試驗：

將保特瓶蒐集到之落塵，加水後測其 pH 及電導度後，以水稻、大豆、萵苣及菠菜種子做發芽試驗，其中水稻、菠菜種子於播種前先浸種2天後，與大豆、萵苣種子同時播於含落塵水溶液之培養皿中，每天觀察記錄發芽數及鮮重，至第7天為止。

### (三)光合作用速率之測定：

1. 以蒐集到之土塵、煤灰或水泥灰直接噴於菜豆、空心菜或萵苣之完全展開葉上。每天中午測光合作用速率，與未噴落塵之葉作比較。
2. 以有水泥塵、土塵或煤灰之空心菜、萵苣、菜豆等田間材料各約10株，光測光合作用速率，再以溼布擦拭葉上之落塵，以後每天同樣方法測試光合作用。

## 結 果 與 討 論

### (一)空氣落塵量與其物理性：

本試驗採Dustfall Jar法蒐集落塵，設量於建築工地旁、新竹之水泥工廠邊及高雄大社之焦煤堆積場邊，每處各設18個採集瓶，以便收集大量落塵，每月拿回一次，秤其重量，並計算每平方公里每月落塵量，並加水後，測其PH及電導度，結果如表 1，由表所示：空氣落塵量以台中市較少，而水泥廠及堆

表1. 不同蒐集地點之落塵量及其物理性質

蒐集地點	落塵量 Tons/Km <sup>2</sup> /month	pH	導電度 μ s/cm
水泥工廠(新竹)	67.125	12.55	1380
建築工地(台中市)	18.85	6.89	133
焦煤工廠(大社)	57.31	5.54	414

煤場附近則落塵量極多。依環保署所定之標準，台中市尚屬輕度污染地區，而水泥廠及堆煤場附近則超過標準甚多，已達嚴重污染程度。由其水溶液之pH來看，建築工地屬水泥灰塵，其pH為中性，煤灰水溶液呈酸性，而水泥灰水溶液則呈強鹼性。而由電導度測驗結果，顯示土塵為 133 μ s/cm而煤灰為414 μ s/cm均未達影響作物生長之程度，唯水泥灰水溶液之電導度為 1380 μ s/cm已可嚴重影響作物生長。

## (二)落塵水溶液對作物發芽之影響：

由取樣點取樣回來之落塵(泥土落塵及煤灰落塵)，分別置培養皿中，加水溶解後以水稻、菠菜、萵苣及大豆種子播種其上，每天觀察發芽情形。結果如圖1~7，由圖1~4知，萵苣種子發芽初期發芽率比對照組僅減少約10%，苗之鮮重則不受影響，大豆及水稻之發芽率不受灰塵之影響，唯菠菜之種子發芽則減少30%左右。

煤灰水溶液對大豆、菠菜及萵苣之影響較泥土灰塵為大，約減少10%左右，苗鮮重也大約減少10%左右。因水稻之影響不明顯而未圖示。

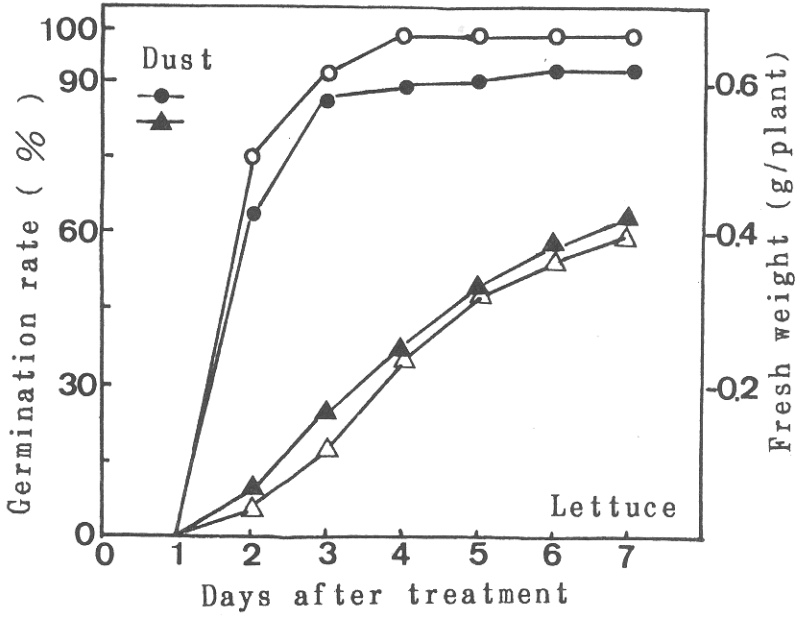


fig 1. Efferts of dust on the germination and seedling weight of lettuce.

圖 1. 落塵對萵苣種子發芽與苗鮮重之影響

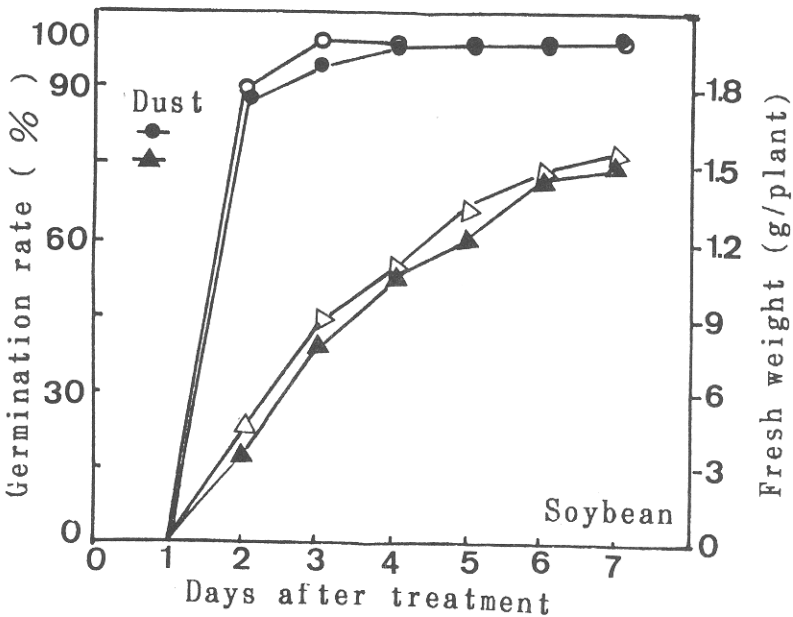


fig 2. Efferts of dust on the germination and seedling weight of soybean.

圖 2. 落塵對大豆發芽與苗鮮重之影響

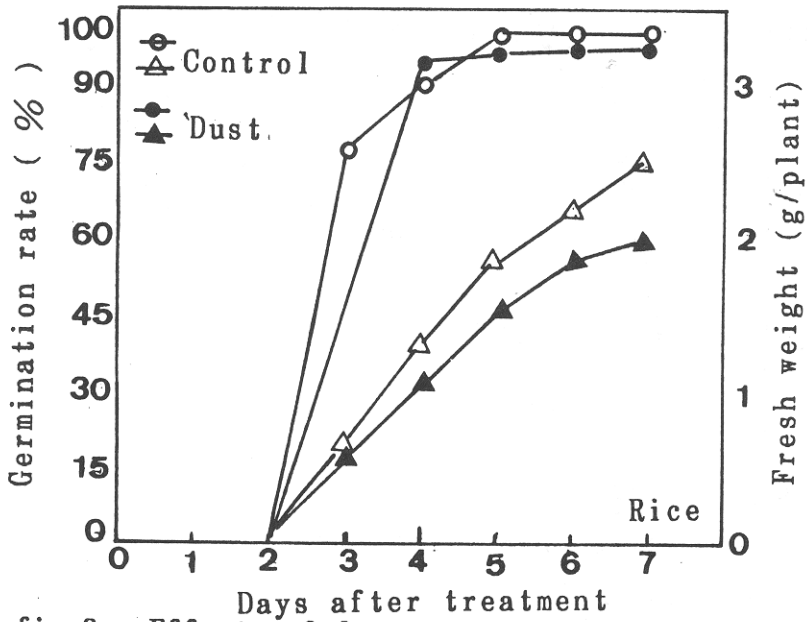


fig 3. Efferts of dust on the germination and seedling weight of rice.

圖 3. 落塵對水稻發芽與苗鮮重之影響

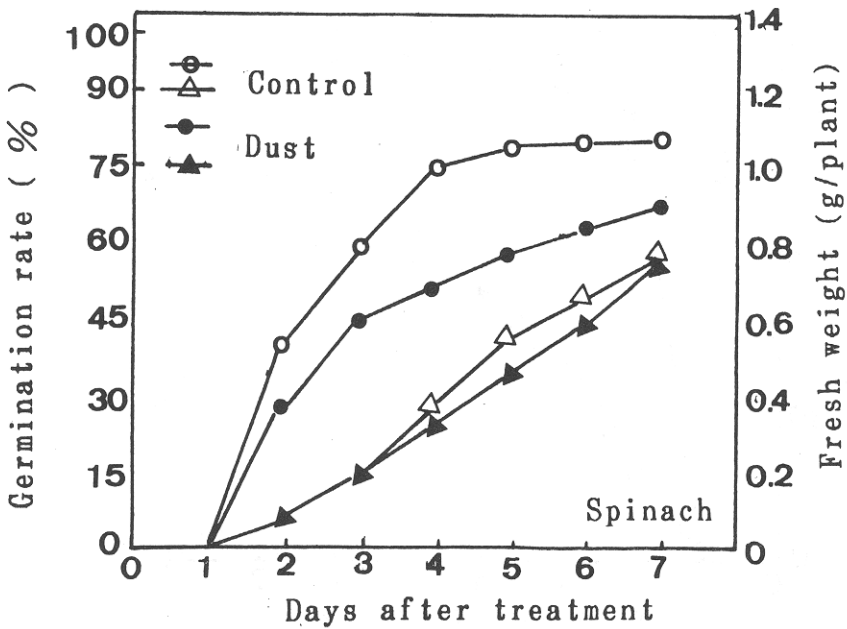


fig 4. Efferts of dust on the germination and seedling weight of spinach.

圖 4. 落塵對菠菜發芽與苗鮮重之影響

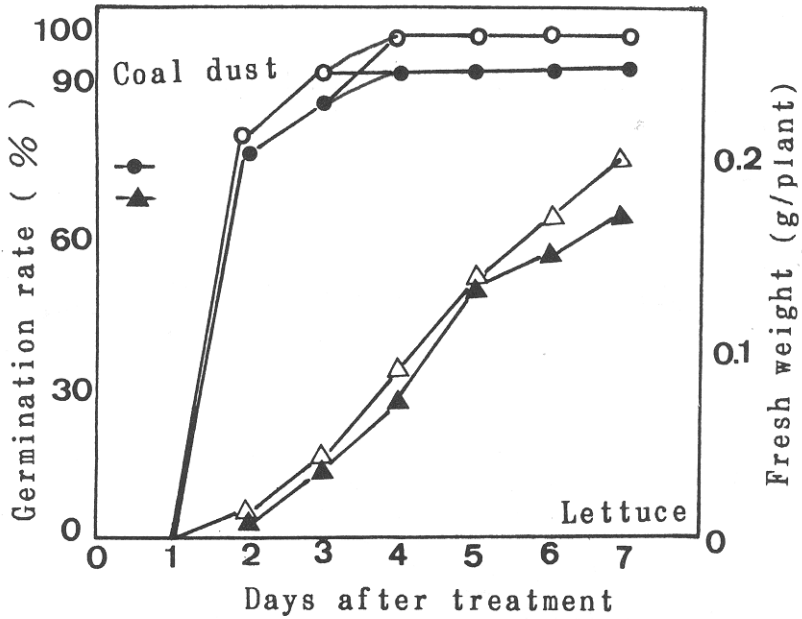


fig 5. Efferts of coaldust on the germination and seedling weight of lettuce.

圖 5. 煤灰對萵苣發芽與苗鮮重之影響

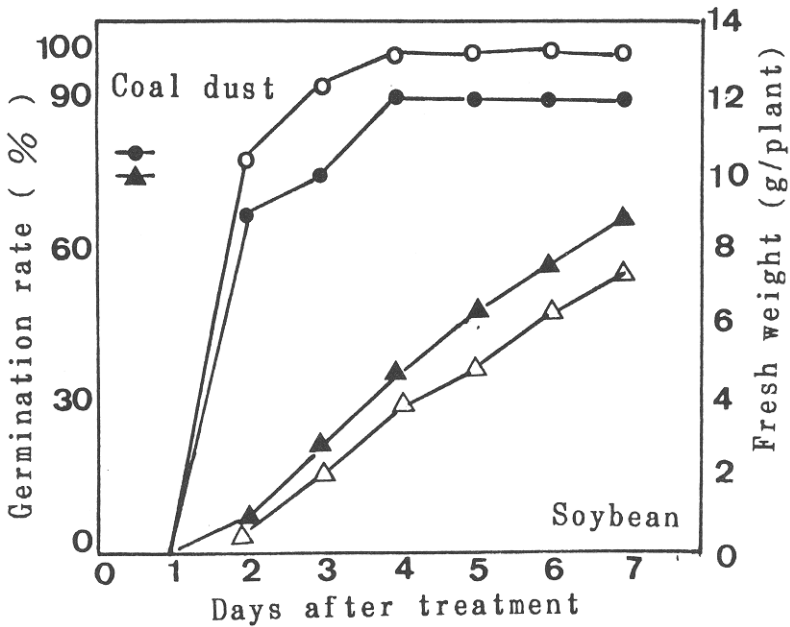


fig 6. Efferts of coaldust on the germination and seedling weight of soybean.

圖 6. 煤灰對大豆發芽與苗鮮重之影響

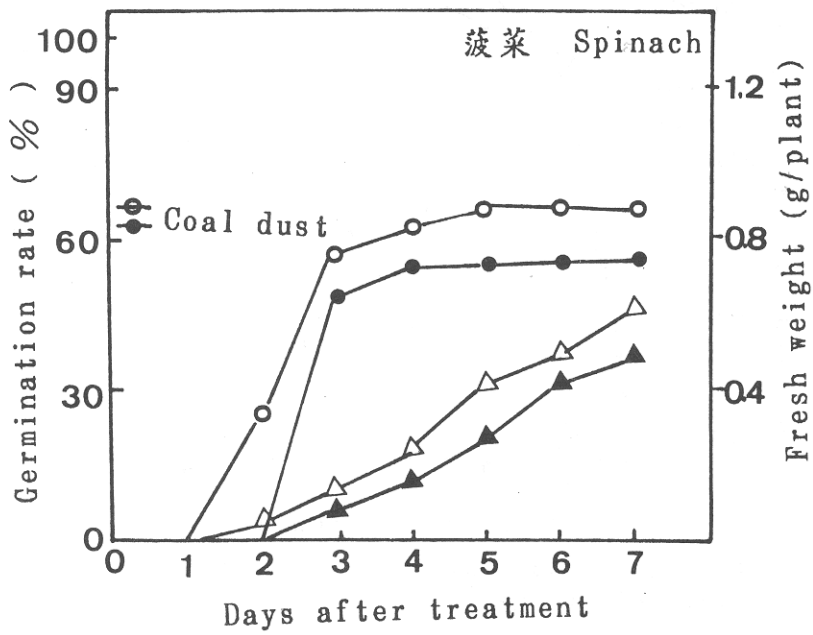


fig 7. Efferts of dust on the germination and seedling weight of spinach.

圖 7. 煤灰對菠菜發芽與苗鮮重之影響

由表1之 pH及電導度所示，泥土灰塵與煤灰之水溶液均不致影響發芽及初期生長，可能其中之某些成份，雖微量卻足以影響其生長。至於落塵中有何成份，有待進一步探討。

### (三)落塵對作物光合作用速率之影響：

於落塵量多之地點：土壤落塵即一般土木工程施工處附近菜園(台中市)，水泥廠附近菜園(新竹橫山)及煤灰附近菜園(台中梧棲)。各選菜豆、空心菜及萵苣各10株，先測光合作用速率，在以水洗去葉上落塵後每天中午測其光合作用速率，連續三天。得結果如圖8~10，由此結果顯示，空心菜覆蓋落塵時之 $20\sim 30\ \mu\text{mlCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 之光合作用速率，經洗淨後光合作用速率即提高至 $50\ \mu\text{mlCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 之光合作用速率，而在洗淨後提高為 $60\sim 80\ \mu\text{mlCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ，萵苣也由 $20\sim 40$ 提升為 $40\sim 60\ \mu\text{ml}/\text{m}^2/\text{s}$ ，可見落塵對作物光合作用速率確有影響。因落塵遮住了氣孔，遮蔽了陽光之故。為證明落塵確有影響光合作用速率，取自各取樣點之落塵，直接噴於盆栽之菠菜、菜豆及萵苣展開葉片上。噴之前先測光合作用速率，噴後每天中午測一次，至第三天止，結果如圖11~13，由圖所示：噴後之空心菜其葉片光合作用速率下降 $30\ \mu\text{mlCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ，而水泥灰影響最大。菜豆之結果亦相似，水泥灰可使菜豆光合作用速率下降約20，其他下降 $10\ \mu\text{mlCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 左右。萵苣之反應亦類似，泥土落塵似影響不大，煤灰及水泥落塵可下降 $\mu\text{mlCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 。由此可知作物不同，落塵影響光合作用速率之結果是一致的。但亦因種類不同，反應之程度不一。

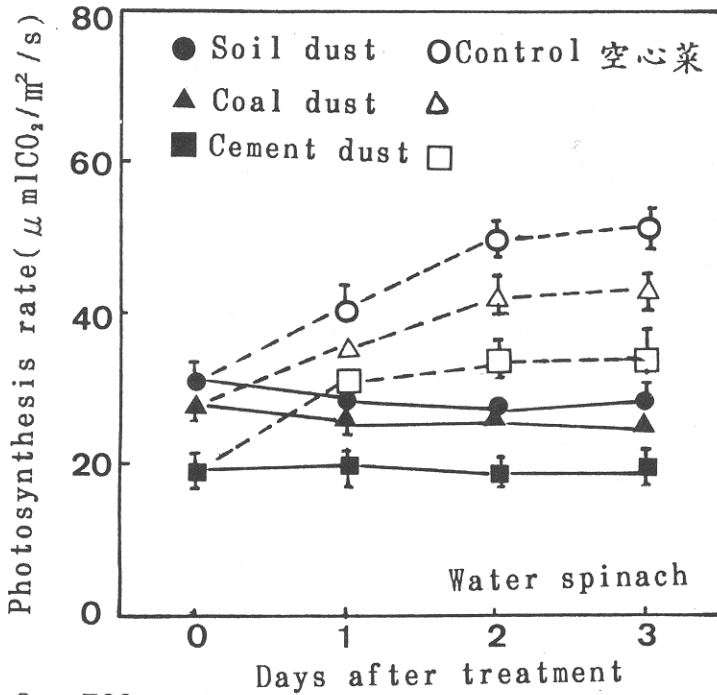


fig 8. Efferts of soil、coal and cement dust on the photosynthesis rate of water spinach.

圖 8. 落塵對空心菜光合作用速率之影響

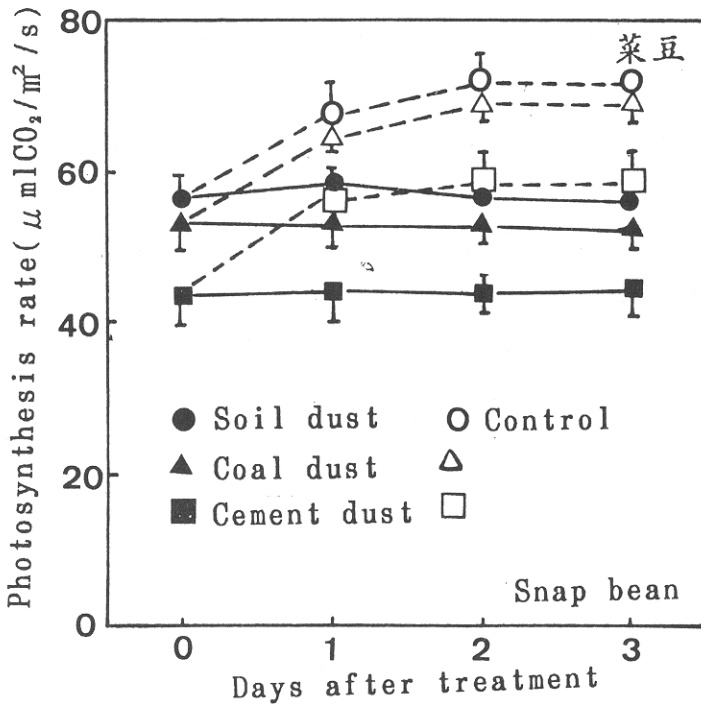


fig 9. Efferts of soil、coal and cement dust on the photosynthesis rate of snap bean.

圖 9. 落塵對菜豆光合作用速率之影響

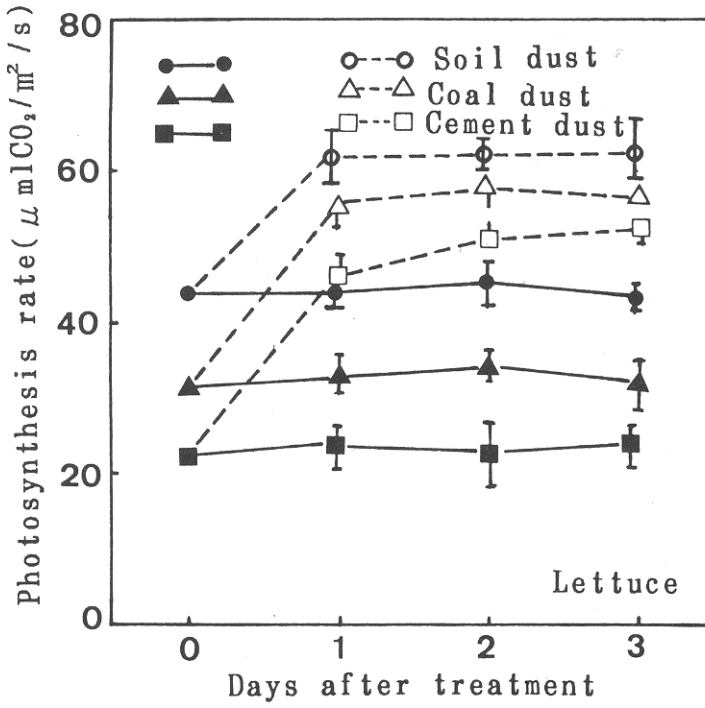


fig 10. Efferts of soil、coal and cement dust on the photosynthesis rate of lettuce.

圖 10. 落塵對萵苣光合作用速率之影響

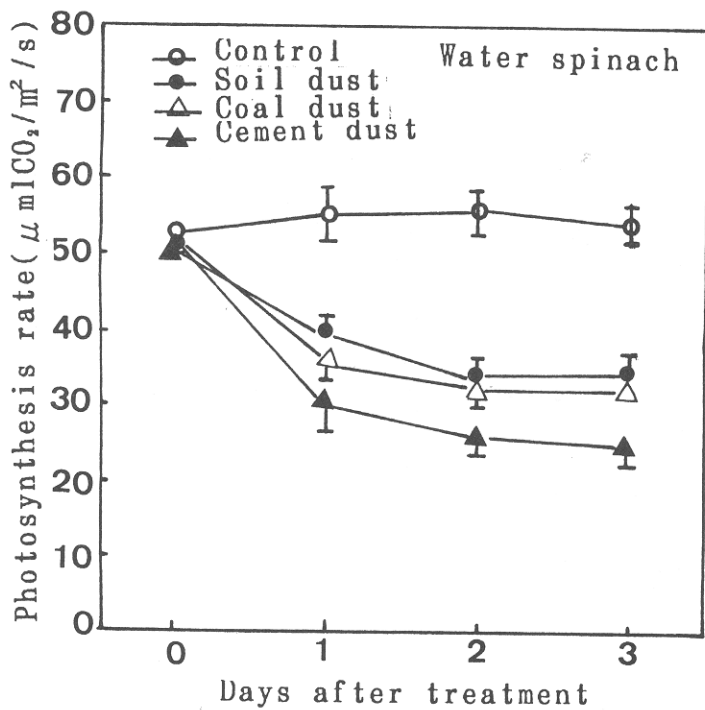


fig 11. Efferts of soil、coal and cement dust on the photosynthesis rate of water spinach.

圖 11. 落塵對空心菜光合作用速率之影響

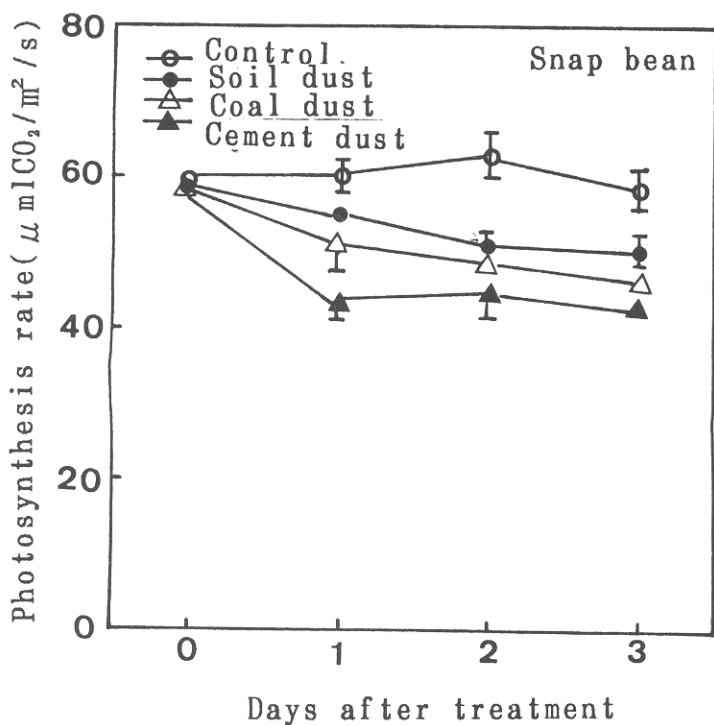


fig 12. Efferts of soil、coal and cement dust on the photosynthesis rate of snap bean.

圖 12. 落塵對菜豆光合作用速率之影響

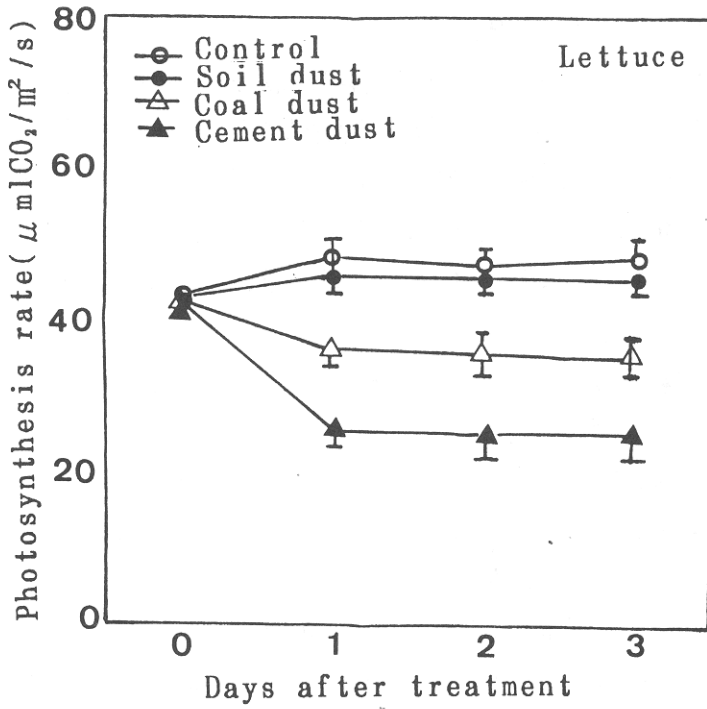


fig 13. Efferts of soil \ coal and cement dust on the photosynthesis rate of lettuce.

圖 13. 落塵對萵苣光合作用速率之影響

## 參 考 文 獻

1. 朱德民.1990.植物與環境逆境.國立編譯館.
2. 黃正義.1991.空氣污染源與防治.第五章微粒物質.  
pp.169-299 淑馨出版社。
3. 張能復. 1991.污染源介紹及污染物擴散 —— 空氣污染. 取自"公害鑑定研習班講義, 行政院環境保護署" pp.66-127。
4. 孫岩章、謝進修. 1991. 黑煙微粒之顯微鑑定. 取自"公害鑑定研習班講義, 行政院環境保護署" pp. 390-419。
5. 行政院環境保護署.1991.中華民國台灣地區環境資訊。第三章空氣品質. pp. 32-70。
6. 台灣省環境保護處.1991.台灣省環境空氣品質年報( 中華民國七十九年) 第一篇. pp.1-38。
7. Aitken,R.L.and L.C.Bell.1985. Plant uptake and phytotoxicity of boron in Australian fly ashes. *Plant and Soil* 84:245-257.
8. Berg,W.A.1978. Aluminium and Manganese Toxicities in Acis Coal Mines Wastes, in G.T.Goodman and M.J. chadwick (eds), *Environmental Management of Mine Wartes* 141-150. The Neterlands, barley, New *Phytologist* 81:155-173.
9. Borka,9.1980. The effect of cement dust pollution on growth and metabolism of *Helianthus annuus* Enriion. *Pollut. Ser.A.* 22:75-79.
10. Elseewi,A.A.and A.L.Page. 1984. Molybdenum enrichment of plants grown on fly ash —treated soils. *J. Environ.Qual.* 13:394-398.
11. Funk, D.W. and E.K.Bonde.1986. Effects of artificial acid mist on growth and reproduction of two alpine plant species the field. *Amer. J.Bot.*73:524-528.

12. Lerman, S. 1972. Cement-kiln dust and the bean plant (*Phaseolus vulgaris* L. Black Valentine var); indepth investigations into plant morphology, physiology and pathology. phd Dissertation, Univ. of Cal, Riverside.
13. Parthasarthy, S. N. Arunachalam, K. Nataragan, G. Oblisami and G. Rangaswami. 1975. Effert of cement dust pollution on certain phsical parmeters of maize crop and soils. *Ind J. Environ. Hlth.* 17:114-120.
14. Petruzzelli, G., L. Lubrano and S. Cervelli. 1987. Heavy metal uptake by wheat seedlings grown in flyash — amended soils. *Water, Air, and Soil Pollution* 32:389-395.
15. Shukla, K.N. and L.C. Mishra. 1986. Effect of fly ash extract on growth and development of corn and soybean seedlings. *Water, Air and Soil Pollution.* 27:155-167.
16. Shukla, J., V. Pandey, S.N. Singh, M. Yunus, N. Singh and K.J. Ahmad. 1990. Effect of cement dust on the growth and yield of *Brassica compestris* L. *Environ. Pollut.* 66:81-88.
17. Singh, S. N. and D. N. Rao. 1981. Certain responses of wheat plants to cement dust pollution. *Environ. Pollut. Ser. A.*, 24:75-81.
18. Wallance, A. and G.A. Wallance. 1986. Enhancement of the effect of coal fly ash by a polyacrylamine soil conditioner on growth of wheat. *Soil Sci.* 141:387-389.