

# 鄰近工業區之農業環境氟化物空氣污染監測

黃義雄、廖乾華

## 摘要

本試驗於 1997-2001 年，在鄰近林口電廠及觀音、廣興與新竹三工業區不同方位之農地設置監測站，利用唐菖蒲葉片受害症狀，瞭解北部沿海地區農業環境遭受氟化物空氣污染情形。監測結果顯示，鄰近林口電廠之監測站唐菖蒲葉尖枯長 1.2-4.8 cm，較 1994-1996 年受害長度短，顯示廢氣排放略有改善；鄰近觀音及廣興工業區之監測站唐菖蒲受害葉枯長與氟含量成正相關，與 1994-1996 年監測結果相似，唯葉片平均氟含量高達 85 及 210 ppm，顯示污染程度仍高；新竹工業區東北方，因監測站附近尚有陶瓷廠排放廢氣結果，1998 年受害葉片氟含量曾高達 600 ppm，其餘方位監測站之唐菖蒲受害均輕微。綜合五年監測結果，除廣興工業區含氟化物空氣對農業環境污染仍嚴重外，林口電廠或新竹工業區空氣污染危害程度均有減輕。

關鍵詞：氟化物、空氣污染、指標植物、工業區。

## 前言

台灣西北部近三十年來經濟蓬勃發展，1969 年林口電廠設立後，即陸續開發幾個大型工業區，1976 年的永安工業區、1978 年的大園工業區、1979 年的新竹工業區、廣興工業區及 1986 年的觀音工業區，其中營運工廠數目，以新竹工業區 372 家為最多，觀音工業區 320 家居次，大園工業區 151 家，永安工業區 20 家，廣興工業區 4 家<sup>®</sup>。這些工廠所排放廢氣雖經相關單位嚴格監控，唯鄰近農田之農作物每年仍有空氣污染情事發生，造成水稻葉尖枯乾、稻穀褐色或灰色枯粒、穀粒不飽滿，甚至不稔實或枯萎缺株，其他作物之葉面、葉緣或葉尖則呈現不等程度的焦枯，影響農作物收成，造成農民重大損失。

空氣污染指標植物是對空氣中污染物具特別之敏感性，會產生特有受害症狀之植物，種植在監測地區，可根據其表現之症狀，以判定空氣污染原因，提供早期預防之參考。唐菖蒲對二氧化硫及氟化物相當敏感，是常用之指標植物之一。

空氣污染物主要有：1. 微粒；2. 氮化物（NO<sub>x</sub>、NH<sub>3</sub>），及其他無機氣體（Cl<sub>2</sub>、HCl、HF……）等兩大類。這些空氣污染除了影響人體健康之外，對植物亦造成傷害，尤其氟化物對植物危害甚鉅<sup>④</sup>。氟是大自然中普遍存在的元素，工業生產過程常產生氟化物，如磷肥工廠利用磷礦石生產磷肥時會產

生四氟化矽 ( $\text{SiF}_4$ ) 氣體；煉鋁廠電解鋁礬土時，常加冰晶石 ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ )、氟化鋁和氟石助熔，高溫下會排放氟化氫 (HF)；陶瓷、磚瓦工廠及鋼鐵廠產品製造過程中均會添加冰晶石或螢石 ( $\text{CaF}_2$ ) 助熔，在高溫時亦有四氟化矽氣體的產生<sup>(4)</sup>。氟化物對植物危害之機制尚不十分了解，但已確知氟的存在可抑制植物新陳代謝，氟在植物體中會累積，植物組織中氟的濃度增高時會造成葉尖、葉緣或葉脈間組織壞死<sup>(1,2)</sup>。

本場於 1991-1993 年對林口電廠鄰近地區，進行監測發現：該電廠西南方，唐菖蒲葉片的受害，除空氣中之硫化物過量之外<sup>(7)</sup>，可能與東北季風夾帶氟化物<sup>(8)</sup>及鹽沫<sup>(6)</sup>等污染物長期吹襲有關；鄰近觀音工業區西南方唐菖蒲葉片受害為空氣中含氟化物及其他污染氣體所致<sup>(8)</sup>；廣興工業區鄰近農田之唐菖蒲葉脈間呈白色塊斑枯乾，與工廠排放含氟廢氣污染有關<sup>(8)</sup>。

台灣因污染危害農作物而引起糾紛之案件很多，據行政院環境保護署公害糾紛裁決委員會統計 1994-1997 年間，受理申請調處人達 697 人，而本場受理的污染公害案件中，1992-2001 年間共有 166 件，以空氣污染引起的 76 件佔 45.8 % 為最多，其中桃園、新竹縣居多，尤其沿海地區，工廠林立，排放廢氣多而複雜，公害糾紛更為頻繁。為建立環境空氣品質背景資料與污染情形，藉以判斷農業環境空氣品質變化與工廠排放廢氣相關性，以彌補公害鑑定無法追溯之缺陷，有效掌握污染狀況，因此繼續擴大進行空氣污染監測。

## 材料與方法

### 一、監測點設置

於台灣西北部農作物常受空氣污染危害之地區，包括林口發電廠、觀音工業、廣興工業區及新竹工業區等鄰近地區設立監測點，進行監測。每一工業區設 2-4 處監測點，位置分佈如圖 1、2、3 所示。監測點面積 9 m<sup>2</sup>，放置盆栽唐菖蒲 6 盆，周圍用空心磚圍繞保護。

### 二、指標作物種植與調查方法

每一期作每一監測點種植指標作物唐菖蒲 6 盆，盆徑 28 cm，每盆種植 3 棵，栽培介質係用廢太空包鋸木屑加紅土（重量比 1：1），每盆施骨粉、豆粉、碳酸鈣各 10 g 及氧化鎂 2 g。種球集中育苗 25 天後，苗高約 20 cm 時，移植至各監測點進行監測。移植後 30 天及 60 天各調查一次，每次只採第二上位之葉片，量其枯乾長度，若僅葉緣或葉脈間枯乾者減半計算，並拍攝其受害症狀。

### 三、檢驗方法

移植後 60 天，調查其受害情形並採受害葉片約 20 cm 長 10-12 片，洗淨經 75 °C 乾燥後磨粉，取 1 g 樣品加 1 N HCl 15 ml 輕搖混合均勻（避免附著瓶壁太高），放置 24 小時，振盪後用 #42 濾紙過濾，取 5 ml 濾液於燒杯中加 10 ml 蒸餾水與 15 ml 離子強化劑 (TISAB)，用氟電極測其葉片中氟含量。

## 結果與討論

本場位在桃園縣新屋鄉，屬台灣西北部，1997-2001 年 6 月及 10 月份主要風向資料如表 1 及表 2，6 月份以西南風頻度較高，平均約 24 %，平均風速每秒 3.5 m；10 月份以東北季風居多，平均約 52 %，平均風速每秒達 4.7 m。

表 1. 桃園縣新屋鄉 1997-2001 年之 6 月份風速及風向變化

Table 1. Changes of wind speed and direction at Hsin-wu, Toayuan district in June of 1997-2001.

Wind	1997	1998	1999	2000	2001	Average
Average speed (m/sec)	3.2	4.4	3.6	3.3	3.0	3.5
Maximum speed (m/sec)	20.7	19.5	12.4	9.1	15.9	15.5
Direction	SW	SW	SW	SW	WSW	SW
Frequency of direction (%)	17.6	36.4	22.7	22.6	20.4	23.9

表 2. 桃園縣新屋鄉 1997-2001 年之 10 月份風速及風向變化

Table 1. Changes of wind speed and direction at Hsin-wu, Toayuan district in October of 1997-2001.

Wind	1997	1998	1999	2000	2001	Average
Average speed (m/sec)	4.4	5.5	3.4	4.8	5.4	4.7
Maximum speed (m/sec)	20.0	35.5	18.0	15.3	11.1	20.0
Direction	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Frequency of direction (%)	58.5	56.4	33.4	51.6	59.3	51.8

6 月及 10 月期間各監測點，指標植物唐菖蒲受害情形如下：

### 一、林口發電廠鄰近地區

本地區受害唐菖蒲葉尖呈棕色或棕褐色枯乾，三處監測點的葉片枯乾長度如表 3、4，無論 6 月份西南風頻度較高時期或 10 月份東北風頻度較高時期，位於電廠西南西 5 km 處之葉片枯乾最長，6 月與 10 月份分別平均為 2.6 與 4.8 cm，東方 5 km 處枯乾較短，西南南方 12 km 處居中，此結果與 1994-1996 年監測結果類似，唯葉片受害長度較短，顯示電廠之廢氣排放略有改善；唐菖蒲受害葉片之氟含量亦以西南西方 5 km 處最高，6 與 10 月份平均分別為 13.6 與 33.2 ppm。

表 3. 1997-2001 年 6 月份林口發電廠鄰近地區唐菖蒲葉片受害長度與含氟量

Table 3. The average length and fluoride content of injured leaves of the gladiolus exposed in the area nearby Linkow power plant in June of 1997-2001.

Site direction to power plant	DS <sup>y)</sup> (km)	1997		1998		1999		2000		2001		Average	
		LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)		
E <sup>z)</sup>	5	1.5	2.7	1.2	6	1.4	9	—	—	1.1	30	1.3	11.9
WSW <sup>z)</sup>	5	3.3	1.8	2.4	12	2.2	12	3.1	24	1.9	18	2.6	13.6
SSW <sup>z)</sup>	12	2.8	2.7	1.8	9	1.5	9	3.9	18	1.9	12	2.4	10.1

z) E: East; WSW: southwestern-west; SSW: southwestern-south.

y) DS: distance away from Linkow power plant.

x) LI: Leaf injury.

表 4. 1997-2001 年 10 月份林口發電廠鄰近地區唐菖蒲葉片受害長度與含氟量

Table 4. The average length and fluoride content of injured leaves of the gladiolus exposed in the area nearby Linkow power plant in October of 1997-2001.

Site direction to power plant	DS <sup>y)</sup> (km)	1997		1998		1999		2000		2001		Average	
		LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)
E <sup>z)</sup>	5	1.1	4	2.1	18	1.2	2	1.4	6	3.3	36	1.8	13.2
WSW <sup>z)</sup>	5	1.6	4	1.0	60	4.8	60	6.2	18	7.5	24	4.8	33.2
SSW <sup>z)</sup>	12	1.8	9	1.2	18	0.9	21	1.1	12	0.9	18	1.2	15.6

z) E: East; WSW: southwestern-west; SSW: southwestern-south.

y) DS: distance away from Linkow power plant.

x) LI: Leaf injury.

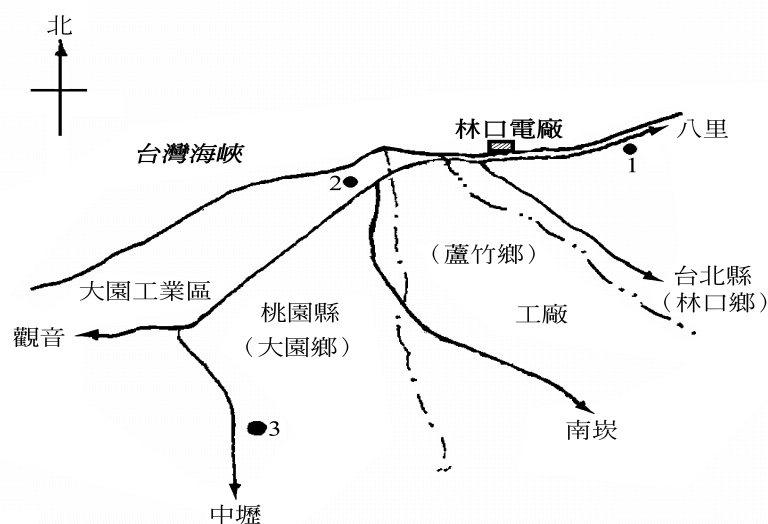


圖1. 林口發電廠鄰近地區空氣污染監測點位置圖

Fig. 1. The position of stations for monitoring air pollution nearby Linkow power plant.

## 二、觀音及廣興工業區鄰近地區

兩地區唐菖蒲受害症狀略有不同，在觀音地區的葉尖呈棕褐色枯乾；在廣興地區的葉片呈棕褐色，而葉脈間呈白色斑塊枯乾。由表 5 及表 6 顯示，在觀音工業區，無論 6 或 10 月份，西南方 2 km 處，平均葉枯長 7 cm 左右，均較西南方 7 km 處長，受害葉片氟含量亦較高。廣興工業區於 6 月份西南風頻度較高時期，東北方 0.2 km 處平均葉枯長 10.8 cm，較西南方 0.2 km 處長，受害葉片氟含量，平均 210 ppm 亦較高。1999 年以後受害葉片長度與氟含量之間，呈正相關；10 月份東北風頻度較高時期，工業區西南方 0.2 km 處，平均葉枯長 14.3 cm，較東北方處長，受害葉片氟含量，平均 110 ppm 亦

較高，葉枯長度與氟含量之間呈正相關。此結果與 1994-1996 年監測結果類似，唯葉片氟含量平均高達 85 及 210 ppm，顯示污染程度仍高。

表 5. 1997-2001 年 6 月份觀音及廣興工業區鄰近地區唐菖蒲葉片受害長度與含氟量

Table 5. The average length and fluoride content of the injured leaves of the gladiolus exposed in the area nearby Kwang-yin and Gaong-shin industrial park in June of 1997-2001.

Site direction	DS <sup>y)</sup> (km)	1997		1998		1999		2000		2001		Average		
		LI <sup>x)</sup>	F	LI <sup>x)</sup>	F	LI <sup>x)</sup>	F	LI <sup>x)</sup>	F	LI <sup>x)</sup>	F	LI <sup>x)</sup>	F	
		(cm)	(ppm)	(cm)	(ppm)	(cm)	(ppm)	(cm)	(ppm)	(cm)	(ppm)	(cm)	(ppm)	
Kwang-yin industrial park	SW <sup>z)</sup>	2	3.5	9	13.2	21	6.6	18	7.3	48	3.5	12	6.8	22
	SW <sup>z)</sup>	7	1.6	6.	3	9	2.4	9	3.2	24	1.9	18	2.4	13
Gaong-shin industrial park	NE <sup>z)</sup>	0.2	3.5	90	7.1	150	15.0	150	17.9	540	10.3	120	10.8	210
	SW <sup>z)</sup>	0.2	5.5	90	13.5	120	6.7	90	11.2	24	5.2	18	8.4	68

z) SW: South-west; NE: North-east.

y) DS: distance away form Kwang-yin and Gaong-shin industrial park.

x) LI: Leaf injury.

表 6. 1997-2001 年 10 月份觀音及廣興工業區鄰近地區唐菖蒲葉片受害長度與含氟量

Table 6. The average length and fluoride content of the injured leaves of the gladiolus exposed in the area nearby Kwang-yin and Gaong-shin industrial park in October of 1997-2001.

Site direction	DS <sup>y)</sup> (km)	1997		1998		1999		2000		2001		Average		
		LI <sup>x)</sup>	F	LI <sup>x)</sup>	F	LI <sup>x)</sup>	F	LI <sup>x)</sup>	F	LI <sup>x)</sup>	F	LI <sup>x)</sup>	F	
		(cm)	(ppm)	(cm)	(ppm)	(cm)	(ppm)	(cm)	(ppm)	(cm)	(ppm)	(cm)	(ppm)	
Kwang-yin industrial park	SW <sup>z)</sup>	2	5.4	18	12.0	15	4.5	30	10.2	180	7.3	180	7.9	85
	SW <sup>z)</sup>	7	3.1	27	1.5	24	3.0	21	4.9	60	3.1	48	3.1	36
Gaong-shin industrial park	NE <sup>z)</sup>	0.2	5.3	18	7.6	15	3.5	60	4.1	120	5.8	60	5.3	55
	SW <sup>z)</sup>	0.2	24.6	72	13.6	90	10.2	90	7.1	120	15.7	180	14.3	110

z) SW: South-west; NE: North-east.

y) DS: distance away form Kwang-yin and Gaong-shin industrial park.

x) LI: Leaf injury.

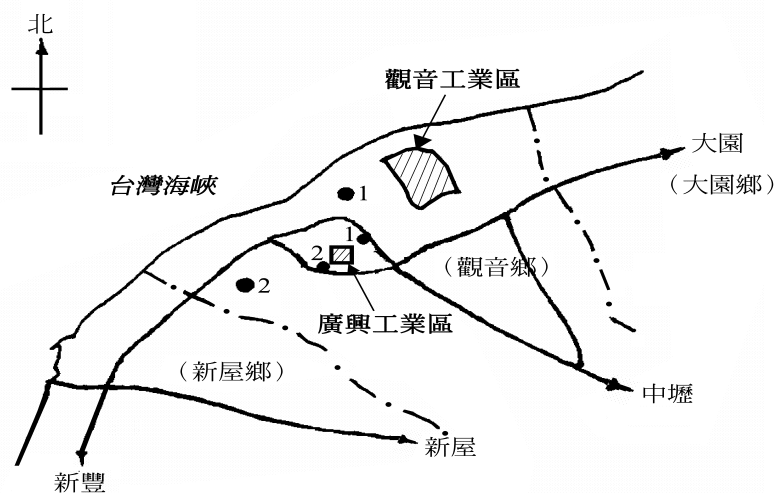


圖2. 觀音、廣興工業區鄰近地區空氣污染監測點位置圖

Fig. 2. The position of stations for monitoring air pollution nearby Kuang-yin and Goang-shing industry parks.

### 三、新竹工業區鄰近四處監測點

東北方 6 km 處，唐菖蒲葉脈間呈白斑塊枯乾，其餘三處包括北方 5 km、西南方 3 km 及東南南方 1 km 處，葉尖皆呈暗褐色枯乾，各監測點之葉枯長度如表 7、8。其中東北方 6 km 處，於 1998 年開始監測，由於此處另有陶瓷廠在其西南方，於 6 月份西南風時期，受害葉片氟含量高達 600 ppm，葉枯長度達 8.9 cm；隨後逐年降低，2001 年因經濟不景氣陶瓷廠被迫停工，危害大為減輕，葉枯長降為 2.8 cm，受害葉片氟含量僅 1 ppm，其餘三處監測點，無論 6 或 10 月份葉枯長度均為 2-4 cm，受害葉片氟含量在 6-30 ppm 之間，顯示廢氣中含氟量不高，對農業環境影響輕微。

表 7. 1997-2001 年 6 月份新竹工業區鄰近地區唐菖蒲葉片受害長度與含氟量

Table 7. The average length and fluoride content of the injured leaves of the gladiolus exposed in the area nearby Hsin-chu industrial park in June of 1997-2001.

Site direction	DS <sup>y)</sup> (km)	1997		1998		1999		2000		2001		Average	
		LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)
N <sup>z)</sup>	5	4.3	6	5.5	30	2.3	27	1.8	12	1.7	12	3.1	18
NE <sup>z)</sup>	6	—	—	8.9	600	8.9	120	6.9	120	2.8	12	6.7	170
SW <sup>z)</sup>	3	4.3	18	0.3	21	2.0	21	2.7	12	1.7	18	2.2	18
SSE <sup>z)</sup>	1	4.0	8	2.5	30	2.5	30	3.9	18	1.8	18	2.9	15

z) N: North; NE: North-east; SW: South-west; SSE: Southeastern-south.

y) DS: Distance away form Hsin-chu industrial park.

x) LI: Leaf injury.

表 8. 1997-2001 年 10 月份新竹工業區鄰近地區唐菖蒲葉片受害長度與含氟量

Table 8. The average length and fluoride content of the injured leaves of the gladiolus exposed in the area nearby Hsin-chu industrial park in October of 1997-2001.

Site direction	DS <sup>y)</sup> (km)	1997		1998		1999		2000		2001		Average	
		LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)	LI <sup>x)</sup> (cm)	F (ppm)
N <sup>z)</sup>	5	2.0	9	2.1	30	1.4	18	1.4	18	1.6	24	1.7	20
NE <sup>z)</sup>	6	—	—	3.3	90	0.6	21	2.3	24	2.4	60	2.2	49
SW <sup>z)</sup>	3	3.2	18	4.3	18	2.2	27	3.0	18	3.5	42	3.2	25
SSE <sup>z)</sup>	1	3.5	27	5.3	21	2.1	27	1.5	30	2.3	36	3.0	28

z) N: North; NE: North-east; SW: South-west; SSE: Southeastern-south.

y) DS: Distance away form Hsin-chu industrial park.

x) LI: Leaf injury.

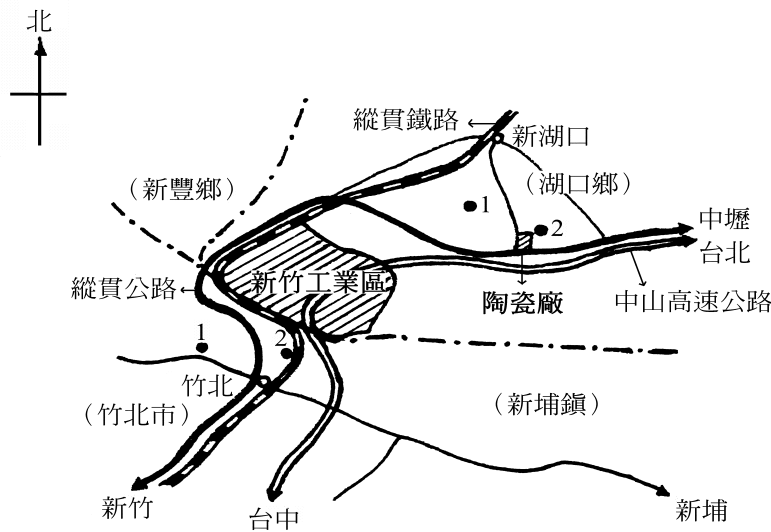


圖 3. 新竹工業區鄰近地區空氣污染監測點位置圖

Fig. 3. The position of stations for monitoring air pollution nearby Hsin-chu industry park.

## 誌 謝

本研究承蒙行政院農業委員會 86-農建-93-糧-01(4)、87-農建-10.1-糧-02、88-農建-10.1-糧-02、89 農管-2.4-糧-72、90農科-1.5.3-桃-Y1計畫經費補助，謹此致謝。

## 參考文獻

1. 李國欽、李貽華。1984。空氣污染爲害植物之診斷。台灣植物保護中心。III: 1-11。
2. 李國欽、李貽華。1985。空氣污染爲害作物系統性鑑定法。公害對農業生產之影響研討會論文專集。台灣省農業藥物毒物試驗所編印。pp. 59-62。
3. 林茂盛、張瑞明、陳琳湖。1994。空氣污染爲害農作物徵狀診斷圖鑑 B: 44-48。台灣省農業試驗所。
4. 孫岩章、莊進源。1984。空氣污染公害之鑑定技術及圖鑑 B. 02-04。行政院衛生署環境保護局。
5. 孫岩章。1985。環境污染及破壞對植物之影響。科學農業 33(3-4): 97-122。
6. 孫岩章、蘇源基。1991。台灣西北部沿海地區水稻及林木枯萎原因之研究。I鹽沫爲害水稻之病理學證據。植物保護學會會刊。中華植物保護學會編印。33: 239-250。
7. 黃義雄、林燕玉、廖乾華。1996。台灣西北部沿海農業區空氣污染監測。桃園區農改良場研究報告。19: 44-49。
8. 黃義雄、林燕玉、廖乾華。1997。桃園沿海農業區氟化物氣體污染監測。桃園區農改良場研究報告。31: 43-48。



# Monitoring of Fluoride air Pollution in Agricultural Environment near Industry Areas

Yi-Hsiung Huang and Chien-Hua Liao

## Summary

In order to understand the air pollution of fluoride in agricultural environment near industrial parks, several monitor stations were set up at farms nearby Linkow power plant and three industrial parks: Kwang-yin, Goang-shing and Hsin-Chu. Several pots of gladiolus were placed respectively at each monitor stations for monitoring the air pollution of fluoride during 1997-2001.

The length of gladiolus leaves with scorched and brown color were 1.2 to 4.8 cm at the station nearby Linkow power plant, and were shorter than those recorded during 1994-1996. This result explained that the air pollution from Linkow power plant was lighter than before. The length of scorched gladiolus leaves were positive correlation with the fluoride content of leaves at the stations of Kwang-yin and Goang-shing industrial parks, the results were the same as those during 1994-1996. The average fluoride contents of leaves were 85 and 210 ppm respectively at Kwang-yin and Goang-shing industrial parks.

These data showed, the air pollution from Kwang-yin and Goang-shing industrial parks were still serious. The fluoride contents of leaves at the station of northeastern Hsin-Chu industrial parks were ever higher than 600 ppm result from air pollution by pottery factory in 1998. The damages of gladiolus at other stations were very light. The results of all monitoring during 1997-2001 showed that the agricultural environment still seriously was polluted by exhaust from Goang-shing industrial parks, while the air pollutions from Linkow power plant and Hsin-Chu industrial parks were decreased.

Key words: air pollution, fluoride, index plant, industrial parks.