

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計畫三：超級測站生物性微粒特性資料之彙整分析

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC94-EPA-Z-038-001-

執行期間：94年01月01日至94年12月31日

執行單位：臺北醫學大學公共衛生學研究所

計畫主持人：趙馨

計畫參與人員：方盈禎、吳宜樺、黃映嘉

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 1 月 23 日

## 中英文摘要

### (一) 計畫中文摘要

環保署為推動空氣污染物健康風險評估政策，於台北縣新莊運動公園建立北部微粒超級測站，以最先進之連續自動監測儀器，進行大氣微粒重要物理、化學和光學等特性之監測。為進一步探討現有微粒空氣品質標準修訂之可能性，本整合型研究計畫彙整超級測站所監測的微粒資料，並結合微粒之基因、動物及人體毒理反應研究，進行健康風險評估，以作為環保署修訂現有的法規之重要參考依據。

鑑於戶外生物性微粒可能的健康效應及生態危害，且為超級測站監測項目中所缺乏，本計畫於新莊超級測站建立大氣中生物性微粒之採樣方法、進行長期監測、並監測長程傳輸事件對生物性微粒成份及濃度的影響。主要測量之生物性成份包括真菌孢子、常見戶外過敏原(*Alternaria* 及 *Aspergillus*)以及細菌內毒素。根據研究結果發現，大台北都會區最常見且濃度最高的真菌為 *Ascospores* (子囊孢子)、*Basidiospores* (擔孢子)、*Cladosporium* (分枝孢子菌) 及 *Aspergillus/Penicillium* (麴菌/青黴菌屬)。常見真菌種類的濃度有明顯的季節變化。今年度監測到的大陸沙塵只有一波(4/13 ~ 4/21)且影響微弱。不過初步比較沙塵採樣期間與三月及五月例行採樣結果，可以發現沙塵採樣期間濃度明顯較高的真菌種類為 *Alternaria* (交錯黴菌屬)、*Aspergillus/Penicillium* (麴菌/青黴菌屬)、*Arthrimum* (節菱孢屬)、*Basidiospores* (擔孢子)、*Cladosporium* (分枝孢子菌)、*Nigrospora* (黑色孢子黴菌屬)、*Oidium/Erysiphe* (粉孢菌/白粉菌)、*Peronospora* (霜霉病菌)、*Pithomyces* (鼓孢瘤座黴屬)、*Rusts* (銹病菌)、*Torula* (圓酵母)、*Unidentified fungi* 及總真菌孢子濃度。其中 *Peronospora* (霜霉病菌) 及 *Rusts* (銹病菌) 只有出現在沙塵採樣期間。在多變項迴歸分析中，總真菌孢子濃度與溫度、降雨量及 CO 濃度有顯著相關，且在單變項迴歸分析中與多種空氣污染物有相關性。

本研究提供了台北都會區真菌孢子的基線資料，以及真菌孢子與氣象因子及空氣污染物間的相關性。由於生物性微粒與氣象及空氣污染因子間有複雜且重要的相關性，因此未來在進行健康風險評估時應同時納入考量，以釐清各因子的各別及共同作用。生物性微粒的長期變化除了受本地污染源的影響外，亦會受到長程傳輸事件、氣候變遷、全球大氣污染所影響，因此在未來的研究中應評估其變化趨勢，以及可能的生態及環境影響。

關鍵詞：生物性微粒；內毒素；戶外過敏原；超級測站。

## (二) 計畫英文摘要

To implement the policy of air pollution health risk assessment, the ROC Environmental Protection Administration (EPA) established a state-of-the-art particulate matter (PM) monitoring station, “Supersite,” at Hsinchuang Sport Park in Taipei County, Taiwan. The Supersite utilizes research grade equipment to automatically and continuously monitor the physical, chemical and optical characteristics of PM. In order to evaluate the possibility of amending current PM air quality standard, this integrated study synthesizes the PM monitoring data at Supersite and the results of PM toxicity investigations to assess the health risk of PM. The results of this integrated study will be the major reference for EPA to amend current PM regulations.

Biological particulates have yet to be included in the current Supersite monitoring system. In view of the potential health effects and ecological impacts, we conducted an environmental monitoring study at the Supersite station to assess the profile of ambient biological particulates. We evaluated the best sampling strategies for ambient biological particulates, monitor fungal spores longitudinally, and examine the effects of long-range transported pollutants on biological particulates. The major biological components to be assessed included fungal spores, common outdoor allergens (*Alternaria* and *Aspergillus*), and endotoxin. According to our results, the most prevalent fungi in Taipei were ascospores、basidiospores、*Cladosporium* and *Aspergillus/Penicillium*, which had significant seasonal variations. Only one weak episode of China dust storm was monitored this year (4/13 ~ 4/21). However, several fungi had higher average levels during the dust storm sampling period than March and May monthly measurements, including *Alternaria*, *Aspergillus/Penicillium*, *Arthrinium*, basidiospores, *Cladosporium*, *Nigrospora*, *Oidium/Erysiphe*, *Peronospora*, *Pithomyces*, Rusts, *Torula*, unidentified fungi and total fungi. *Peronospora* and Rusts were only recovered during the dust storm sampling period.

Our study provided baseline data for ambient fungi in Taipei and the relationships between fungi and air pollution/meteorological factors. Due to complex interactions among biological particulates, meteorological factors and air pollutants, all these factors should be considered concurrently to assess their health risks in future studies. Long-term variations of biological particulates are influenced not only by local sources, but also by long-range transport events, climate change, and global ambient pollution. Thus the trend of biological particulates should be examined longitudinally in order to evaluate their long-term impacts on ecology and environment.

Keywords: Biological particulates; Endotoxin; Outdoor Allergens; Supersite Monitoring Station.

## 目錄

第一章 前言.....	1
1.1 計畫緣起.....	1
1.2 計畫目的.....	2
第二章 文獻探討.....	3
2.1 生物性微粒之特性與健康危害.....	3
2.2 台灣地區相關研究.....	8
2.3 長程傳輸與生物性微粒之相關性.....	14
2.4 小結.....	14
第三章 執行方法.....	15
3.1 研究架構.....	15
3.2 生物性微粒之監測與採集方法.....	15
3.2.1 採樣地點.....	15
3.2.2 監測與採集方法.....	16
3.2.3 分析方法.....	18
3.3 氣象因子與大氣污染物監測資料之收集.....	19
3.4 資料分析.....	19
第四章 主要工作內容及重要發現與成果.....	20
4.1 真菌孢子監測結果.....	20
4.2 真菌過敏原及細菌內毒素監測結果.....	32
4.3 生物性微粒與其他環境因子間的相關性.....	35
第五章 主要建議意見及未來或後續執行建議.....	37
第六章 參考文獻.....	38
計畫成果自評.....	42
附錄.....	44

## 表目錄

表一 常見真菌之暴露來源與可能健康危害.....	6
表二 台北地區大氣中真菌相關研究.....	9
表三 2005年1至10月真菌孢子採樣日期與平均濃度.....	20
表四 2005年1至10月真菌孢子出現頻率及濃度分佈.....	22
表五 2005沙塵期間前後真菌孢子種類及平均濃度.....	31
表六 MOUDI採樣日期.....	32
表七 採樣期間新莊測站氣象因子和大氣污染物之分佈.....	35
表八 總真菌孢子濃度迴歸模式.....	36

## 圖目錄

圖一 環保署北部微粒超級測站.....	15
圖二 Burkard Seven-Day Recording Volumetric Spore Trap.....	16
圖三 MOUDI.....	17
圖四 Petri Dish.....	17
圖五 ELISA Reader.....	18
圖六 GC-MS-MS.....	18
圖七 2005 年總真菌孢子濃度分佈.....	24
圖八 2005 年 Ascospores 濃度分佈.....	24
圖九 2005 年 Basidiospores 濃度分佈.....	25
圖十 2005 年 <i>Cladosporium</i> 濃度分佈.....	25
圖十一 2005 年 <i>Aspergillus/Penicillium</i> 濃度分佈.....	26
圖十二 2005 年 <i>Fusarium</i> 濃度分佈.....	26
圖十三 2005 年 <i>Arthriniun</i> 濃度分佈.....	27
圖十四 2005 年 <i>Curvularia</i> 濃度分佈.....	27
圖十五 2005 年 <i>Alternaria</i> 濃度分佈.....	28
圖十六 2005 年 <i>Periconia</i> 濃度分佈.....	28
圖十七 2005 年 <i>Torula</i> 濃度分佈.....	29
圖十八 2005 年 <i>Drechslera/Helminthosporium</i> 濃度分佈.....	29
圖十九 真菌過敏原檢量線.....	33
圖二十 內毒素檢量線.....	34

# 第一章 前言

## 1.1 計畫緣起

超級測站之概念與設置，源自於美國環保署因應美國清淨空氣法案(The Clean Air Act)之要求，基於已知大氣懸浮微粒的潛在健康效應，彙整最新科學資訊，以重新評估大氣空氣品質標準。為此，美國環保署發展懸浮微粒「超級測站概念計畫」，以最先進之監測儀器評估PM<sub>2.5</sub>的濃度及化學組成。超級測站為一種結合周邊測站的功能，而在中心測站進行密集或先進技術的整合型測量方式。在台灣地區，為了推動空氣污染物健康風險評估政策，行政院環保署於民國八十八年六月委託台灣大學進行「台灣地區空氣污染健康風險評估計畫」，以微粒健康風險評估為主軸。此研究計畫協助環保署微粒超級測站之籌劃，購置各型最先進之連續自動監測儀器，進行大氣微粒重要物理、化學和光學等特性之監測，並於台北縣立新莊運動公園建立亞洲第一個微粒超級測站，由中央大學進行儀器操作和品管、監測方法評估、及資料庫之建立與數據分析，進以了解台北都會區懸浮微粒的成份及濃度變化與可能之污染來源。為探討現有微粒空氣品質標準修訂之必要性及可能性，微粒的健康風險評估為必要之參考依據。彙整超級測站所監測的各種微粒特性相關資料，並結合微粒之細胞、動物及人體毒理反應，為建立台北都會區微粒健康風險評估的重要基礎。

鑑於戶外生物性微粒可能的健康及生態危害，且為環保署微粒超級測站監測項目中所缺乏，建立大氣中生物性微粒之測量方法並進行長期監測，有其必要性。因此，本子計畫在去年度整合型研究計畫提出時，原預定在微粒超級測站進行環境監測，評估大氣中生物性成份在不同粒徑微粒中之分佈，以供測站中各種微粒性質（生物、物理、化學）之比較，並建立台北地區大氣中生物性成份之基線資料及統計預估模式。不過由於九十三年度本子計畫併入陽明大學黃嵩立教授之子計畫「特定污染源微粒之細胞毒性與動物毒性比較」中進行，因此以細菌內毒素（endotoxin）分析方法的開發與驗證為主，並分析黃教授研究團隊所提供環境樣本之內毒素濃度。九十四年度之計畫目標，將以完成去年原定的研究目標為主，並配合中央大學李崇德教授團隊在微粒超級測站的人工採樣，密集監測長程傳輸事件對生物性微粒濃度的影響，並評估不同性質微粒間之相關性。

## 1.2 計畫目的

### 本子計畫之總體目標：

1. 瞭解不同粒徑生物性微粒的分佈情形。
2. 建立大台北都會區生物性微粒之基線資料與預測濃度變化之統計模式。
3. 結合其他子計畫，評估各種微粒性質（生物、物理、化學）間之相關性。
4. 與其他子計畫配合，進行生物性微粒的毒理反應及健康風險評估。

### 本子計畫之逐年目標：

#### 第一年（94年1月1日~94年12月31日）

1. 建立環保署微粒超級測站生物性微粒之監測及分析方法。
2. 監測台北都會區大氣中生物性微粒濃度變化，建立基線資料(baseline data)。
3. 配合其他子計畫，監測長程傳輸事件對生物性微粒濃度的影響。
4. 提供其他子計畫生物性微粒資料，以評估不同性質微粒間之相關性、以及生物性微粒可能之健康風險。

#### 第二年（95年1月1日~95年12月31日）

1. 瞭解不同粒徑生物性微粒的分佈情形。
2. 持續監測台北都會區大氣中生物性微粒濃度及成份，建立完整基線資料(baseline data)。
3. 利用連續二年之監測資料，評估台北都會區生物性微粒與季節變化、大氣污染和氣象因子間的交互作用，並建立預估模式。
4. 與其他子計畫彙整，評估各種特性微粒間之相關性、進行生物性微粒之健康風險評估、並探討訂定生物性微粒空氣品質標準之可行性。

## 第二章 文獻探討

### 2.1 生物性微粒之特性與健康危害

空氣中的生物性微粒（又稱生物氣膠），包括完整或部份微生物的碎片（如病毒、細菌、真菌）、微生物所產生的代謝物、毒素，或其他任何源自於生物體的懸浮微粒 (ASHRAE 2005a & b; Burge and Rogers 2000)。人類每天的生活作息無可避免地會暴露於大氣中的生物性微粒，不論是在戶外的直接暴露，或是接觸到經由通風進入室內的生物性微粒。大氣中的生物性微粒一年四季都存在於世界各地的各種環境中，只有在大雪覆蓋時濃度會較低。大氣中生物性微粒的暴露不只限於戶外，它們也會進入室內環境造成影響，如果有適合生長的基質（如潮濕的建材或地毯），部份生物性微粒甚至會在室內生長繁殖而成為室內污染的來源(Burge and Rogers 2000)。

生物性氣膠對人體的健康危害主要可分為三類：感染 (Infection)、過敏 (Allergy) 與中毒 (Toxicity) (ASHRAE 2005a & b)。而大氣中的生物性成份所造成的健康危害以呼吸道過敏性疾病為主 (表一)。真菌孢子是數量最多、也最被廣泛認知的大氣中生物性微粒之一，也是重要的戶外過敏原 (Burge and Rogers 2000)。近年來有研究指出，氣喘症狀的惡化可能與大氣中生物性微粒的暴露有關 (Gergen et al. 1992; D'Amato et al. 1994; Burge and Rogers 2000)。在大氣中真菌孢子與呼吸道症狀方面，Lewis等人發現戶外*Cladosporium*的孢子濃度與氣喘急診人次有正相關 (Lewis et al. 2000)。Neas等人的研究中發現，108 個孩童之最大呼氣流速的改變 (Peak Expiratory Flow Rate, PEFs) (一種肺功能和支氣管壓迫的測量)，和兩種真菌孢子(*Cladosporium*和*Epicoccum*)之高濃度暴露有正相關 (Neas et al. 1996)。Delfino等人針對 12 個有氣喘的孩童進行之連續日誌記錄研究(a time series diary study)中則發現，病童的每日氣喘症狀和戶外真菌孢子的濃度有正相關 (Delfino et al. 1996)。此外，Cakmak等人進行一個大氣中真菌及花粉過敏原的濃度與兒童結膜炎與鼻炎的研究，結果發現擔子菌孢子(basidiospores)增加 551 spores/m<sup>3</sup>或豬草(ragweed)花粉增加 72 grains/m<sup>3</sup>，兒童結膜炎或鼻炎的每日急診人數會增加 10% (p<0.01) (Cakmak et al. 2002)。

另一類型的研究則非直接調查暴露與疾病的相關，而是利用氣喘病人是否對特定過敏原有皮膚測驗之過敏反應(skin test sensitivity)，進以了解氣喘和大氣中生物性微粒之間的關連。但必須注意的是，此種相關性並不能代表氣喘症狀和過敏原的暴露有直接的因果關係，因為一般有遺傳性過敏者（如氣喘病患）常會對多種過敏原產生過敏反應。在 1994 年，Lehrer 等人在對 701 位美國及西歐的成年過敏性呼吸道疾病患者的研究中發現，患有遺傳性過敏、氣喘、或患有氣喘且有過敏性鼻炎，與對擔子菌孢子粹取物(basidiospore extracts)的皮膚過敏反應有顯著的正相關，但與只患有過敏性鼻炎則無關 (Lehrer et al. 1994)。擔子菌孢子是最常見的戶外致敏原，很少出現在室內。O'Hollaren

等人的研究中指出，孩童或青少年氣喘患者，若對 *Alternaria*（一種常見戶外真菌）過敏原有過敏性，是氣喘病發的危險因子(adjusted odds ratio: 189.5; 95% confidence interval: 6.5 - 5535.8) (O'Hollaren et al. 1991)。在台灣本土的研究中，Chen 和 Chuang 發現氣喘患者（488 人）和健康的受試者（112 人）相較，前者對十種台北地區常見真菌之皮膚過敏測試有較高的陽性反應率 (Chen and Chuan 1973)。另外，Chou 等人調查了 200 個患有氣喘孩童的血清樣本對常見空氣中過敏原的敏感性(sensitivity)。 *Candida albican* (14.0%) 和 Bermuda grass (8.0%) 分別是致敏性最高的真菌和花粉，而花粉的累積致敏率(the accumulated sensitized rate) (10%)較真菌為低(21.5%) (Chou et al. 2002)。綜合以上的研究結果可知，真菌過敏原在過敏性呼吸道疾病上扮演著重要的角色。

除了真菌孢子外，內毒素(endotoxin)是近年來相當受到研究學者重視的生物性微粒。內毒素是革蘭氏陰性細菌細胞外膜上的一種成分，為具有熱安定性的脂多醣蛋白複合物(lipopolysaccharide (LPS)-protein complex) (ASHRAE 2005b)。低濃度的內毒素暴露會刺激人類免疫系統的反應，有可能會藉此促進免疫系統的適當發展 (Milton 1999)。在稍高濃度的內毒素暴露下，可能會造成黏膜刺激、氣喘症狀的加重，以及非特定性建築相關症狀(non-specific building related symptoms, BRS)的出現 (Gyntelberg et al. 1994; Teeuw et al. 1994; Michel et al. 1996; Ross et al. 2000; Reynolds et al. 2001)。如暴露於內毒素濃度極高之職場環境中（如棉花工廠、豬舍、污水處理廠等等），常會造成呼吸道及肺泡的發炎、呼吸道阻塞、胸悶、發燒及不適感等症狀 (Fogelmark et al. 1994; Olenchock 1994; Milton 1999; Michel 2000)。

雖然針對室內環境及職場內毒素分佈與健康危害的研究相當多，但是對於戶外內毒素的監測相當少。Mueller-Anneling 等人以高流量採樣器在南加州進行大氣中內毒素之調查，這篇研究是第一篇探討大氣中內毒素的研究，結果發現內毒素和PM<sub>10</sub>有顯著相關，特別是在夏季，但是和其他空氣污染物間並無顯著相關；而內毒素濃度有明顯的季節變化，在春天時最高，冬天最低 (Mueller-Anneling et al. 2004)。另一篇研究指出PM<sub>10</sub>是由許多微粒成份所構成，包含交通及燃燒所產生的超細微粒(ultrafine particles)、二次微粒(secondary particles)，此外也可能含有其他生物性微粒相關的過敏原及內毒素，而其中的內毒素可能會導致孩童及成人有不良健康效應 (Stone 2000)。Monn and Becker則是發現戶外空氣中粒徑大於 10 $\mu$ m的微粒有較高濃度之內毒素 (Monn and Becker 1999)。大氣中內毒素可能造成之健康效應，目前尚未有文獻可直接證明，但有研究顯示，大氣中懸浮微粒的暴露會造成肺組織發炎等疾病，而其所含毒性的重要來源之一即為內毒素 (Huang et al. 2002)。因此，大氣微粒中內毒素的含量，是未來戶外空氣污染監測的重點之一。

綜合以上研究結果可知，雖然內毒素的健康效應是這幾年來許多環境及職業衛生研究的重要主題，然而有關大氣中內毒素濃度分佈、暴露評估，以及相關呼吸道危害的調

查仍相當缺乏。其中一個重要的因素為目前大氣中內毒素的採樣及分析方法並不一致，因此有必要建立合適的監測方法，並進行測試及確認，以進一步評估大氣中內毒素的濃度分佈及健康風險。

表一 常見真菌之暴露來源與可能健康危害

種類	暴露來源	健康效應
<i>Alternaria</i>	室外空氣 腐敗植物	氣喘(asthma)、過敏性鼻炎(rhinitis)、暗色絲菌症(phaeohyphomycosis)、角膜炎、皮膚感染
<i>Aspergillus</i>	家禽飼料、乾草、潮濕之有機物	過敏性肺炎(Hypersensitivity pnueumonitis)、麴菌病(Aspergillosis)
<i>Botrytis</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏、腦內膿瘍(brain abscess)、腹膜炎、灰指甲
<i>Cladosporium</i>	室外空氣 腐敗植物	氣喘、過敏性鼻炎、角膜炎、皮膚感染
<i>Chaetomium</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏、暗色絲菌症、皮膚感染
<i>Candida</i>	生物技術業	氣喘
<i>Curvularia</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏、暗色絲菌症
<i>Epicoccum</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏
<i>Eurotium</i>	堆肥、乾草、潮濕之有機物	呼吸道過敏、Mushroom worker's disease (洋菇工作者病)
<i>Fusarium</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏、皮膚感染
<i>Ganoderma</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏
<i>Helminthosporium</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏、暗色絲菌症
<i>Mucor</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏
<i>Penicillium</i>	木材、乳品、棉花	過敏性肺炎、氣喘、過敏性鼻炎
<i>Phoma</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏
<i>Rhizopus</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏
<i>Trichoderma</i>	潮濕之有機物	呼吸道過敏、皮膚感染
<i>Ustilago</i>	小麥、潮濕之有機物	呼吸道過敏、鼻炎、結膜炎、氣喘

資料來源：

1. 張靜文 空氣中生物性危害與呼吸防護（上） 1998; 勞工安全衛生研究所勞工安全衛生簡訊第 32 期
2. 萬國華、李芝珊 生物氣膠與健康影響 中華職業醫學雜誌 1997;5(1):p15-23
3. 萬國華 生物氣膠與呼吸系統健康影響 長庚護專學報 2001;3:p311-317
4. Guppy, K. H., C. Thomas, K. Thomas, and D. Anderson. 1998. Cerebral fungal infections in the immunocompromised host: A literature review and a new pathogen - *Chaetomium atrobrunneum*: Case report. *Neurosurgery*. 43:1463-1469.
5. Pritchard, R. C., and D. B. Muir. 1987. Black fungi: a survey of dematiaceous hyphomycetes from clinical specimens identified over a five year period in a reference laboratory. *Pathology*. 19:281-4.
6. Rinaldi, M. G., P. Phillips, J. G. Schwartz, R. E. Winn, G. R. Holt, F. W. Shagets, J. Elrod, G. Nishioka, and T. B. Aufdemorte. 1987. Human *Curvularia* infections. Report of five cases and review of the literature. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.* 6:27-39
7. Girmenia, C., A. P. Lori, F. Boecklin, A. Torosantucci, P. Chiani, P. De Fabritiis, F. Taglietti, A. Cassone, and P. Martino. 1999. *Fusarium* infections in patients with severe aplastic anemia: review and implications for management. *Haematologica*. 84:114-118.
8. Anaissie, E. J., G. P. Bodey, and M. G. Rinaldi. 1989. Emerging fungal pathogens. *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* 8:323-330.
9. [www.doctorfungus.com](http://www.doctorfungus.com)

## 2.2 台灣地區相關研究

台灣由於地處亞熱帶，氣候溫暖潮濕，提供種類繁多的微生物與植物合適的生長環境 (Han et al., 1980b; Han et al., 1981; Ho, 1996; Chen and Huang, 2000)，因此戶外過敏原的暴露問題相當值得關切。然而台灣的研究，大多針對室內或職場環境中生物性微粒的暴露與其對健康的影響 (Li and Kuo, 1994; Li and Hsu, 1997; Wu et al., 1998; Li et al., 1999; Chang et al., 2001; Su et al., 2001a; Su et al., 2001b; Su et al., 2002)。臺灣地區長期的戶外生物性微粒監測多記錄在早期的研究中，提供台北地區大氣中真菌種類及分佈之重要定性資料。然而，因採樣方法之限制（利用真菌孢子之重力下沉作用，以培養基或玻片進行被動採樣），無法定量大氣中真菌之實際濃度，造成各研究之結果不一致（如真菌量和季節之相關性）(Lu et al., 1969; Tseng and Chen, 1979; Han et al., 1980a; Han and Chuang, 1981; Han et al., 1981; 張東柱等, 1983)。

「全國菌類空中過敏原孢子相之調查」為近年來我國最重要之整合型大氣中生物性微粒調查計畫，由民國 81 年底開始執行至民國 85 年。此計畫在全台建立七個採集站(台北、陽明山、台中、台南、高鳳、花蓮、台東)，分別由七個菌類專家主持各站運作。此研究團隊之真菌採樣同步使用 Burkard Portable Air Sampler for Agar Plates 及 Burkard Seven-Day Recording Volumetric Spore Trap 兩種主動式採樣器，以定量大氣中真菌之種類與濃度。此整合型計畫應可提供台灣各地區大氣中真菌之重要背景資料，然而至目前為止，只有少部份資料已整理發表 (陳瑞青, 1995; Ho, 1996)，而且孢子數量是以每月總孢子數呈現，未計算出濃度(例如： $\text{spores/m}^3$ )，因此無法依據孢子濃度與其他相關研究進行比較。根據該研究在台北地區第一年(民國 82 年 4 月至 83 年 3 月 1 日)之採樣結果發現，總孢子數在六月份最高，而出現頻率最高之菌屬為 *Ganoderma* (12 個月出現 11 個月)、*Cladosporium* (12 個月出現 10 個月)、*Aspergillus* (12 個月出現 9 個月)、*Periconia* (12 個月出現 9 個月) 及 *Nigrospora* (12 個月出現 6 個月)。在另一戶外真菌監測的研究中，Lin 和 Li 評估 1995 年夏、冬兩季中，台北地區真菌氣膠(fungal aerosol) 和空氣污染物以及氣象因子間之關係。該研究之真菌採樣使用 Andersen one-stage viable sampler，此為一主動式採樣器，於兩個季節分別進行連續七天的密集採樣(每 3 小時一次)，採樣地點為環保署古亭及汐止測站。研究結果顯示，在夏季古亭及汐止測站真菌濃度分別為  $2,835 \text{ CFU/m}^3$  及  $2,651 \text{ CFU/m}^3$  (幾何平均數)；在冬季則分別為  $1,107 \text{ CFU/m}^3$  及  $2,248 \text{ CFU/m}^3$ 。最高真菌濃度與溫度  $25\text{-}30^\circ\text{C}$ 、相對濕度 60-70%、風速小於  $1 \text{ m/s}$ 、以及吹南南東風有關。作者指出，真菌、空氣污染、和氣象因子之間有顯著而複雜的互動 (Lin and Li, 2000)。上述之研究以及其他台北地區大氣中真菌相關文獻彙整於表二。

根據以上之文獻回顧可知，台灣地區雖然在過去二、三十年間有數個大型研究進行戶外真菌之監測，但由於採樣方法的限制以及資料分析不完全，使得我國仍缺乏大氣中生物性微粒的背景資料。

表二 台北地區大氣中真菌相關研究

Reference		Title	Materials and Methods			Sampling	Results		Conclusion	
Year	Journal/Author		Area	Duration	Population					
1962	中華醫誌/趙懿族, 陳良甫, 史晉德	台灣空氣中過敏元之調查研究	台北 * 台大校本部 * 榮總 * 板橋	1961.5~ 1962.4	441 氣喘病人	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 花粉收集台</li> <li>▪ 重力原理法</li> <li>▪ 玻片塗上凡士林</li> <li>▪ 以 Calberla's solution 染色</li> <li>▪ 顯微鏡鑑定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 常見: <i>Cladosporium</i>, <i>Alternaria</i>, <i>Fusarium</i>, <i>Helminthosporium</i>, <i>Brachysporium</i></li> <li>▪ 黴菌季節: 五月~十月</li> </ul>	<i>Cladosporium</i> 54% <i>Alternaria</i> 2.4% <i>Fusarium</i> 28% <i>Helminthosporium</i> 5.4% <i>Brachysporium</i> 9.2%	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 對黴菌皮膚過敏者以夏季發病率最高</li> <li>▪ 空氣中的黴菌孢子數量比花粉多</li> <li>▪ 黴菌孢子的數量常隨溫度而改變</li> </ul>	
1969	Chinese Journal of Microbiology /Y.C Lu, J.C Tzeng, S.C Huang	Air-borne Fungi in Taipei City	Taipei	1965.6.16~ 1966.5.31		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sabouraud Agar</li> <li>▪ 離地面 1~2m</li> <li>▪ 暴露 10 及 20 分鐘</li> <li>▪ 鑑定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mold shower 主要在冬季</li> <li>▪ Mycelia: 十二月</li> <li>▪ <i>Penicillium</i>: 七月</li> <li>▪ <i>Curvularia</i>: 八月</li> <li>▪ <i>Aspergillus</i>: 八、九、一月</li> </ul>	<i>Cladosporium</i> 40.83% Mycelia 12.9% <i>Penicillium</i> 10.74% <i>Curvularia</i> 7.72% <i>Aspergillus</i> 6.14% <i>Rhizopus</i> 4.08% <i>Rhodotorula</i> 2.54% <i>Alternaria</i> 2.21% Yeast 1.39% <i>Fusarium</i> 1.24% <i>Candida</i> 1.24%	<i>Mucor</i> 1.01% <i>Cephalosporium</i> 0.57% <i>Helminthosporium</i> 0.52% <i>Trichoderma</i> 0.38% <i>Pullularia</i> 0.28% <i>Paecilomyces</i> 0.19% <i>Nigrospora</i> 0.14% <i>Scopulariopsis</i> 0.14% <i>Oospora</i> 0.09% Unidentified 5.66%	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 孢子與氣象之間無顯著相關</li> </ul>

表二 台北地區大氣中真菌相關研究 (續)

Reference		Title	Materials and Methods			Sampling	Results		Conclusion						
Year	Journal/Author		Area	Duration	Population										
1976	科學發展/韓韶華, 謝長富, 蔡來誠, 趙慧瑛, 莊雨奇, 張律音	臺北地區空氣中過敏原之調查	台北六個標本收集站	1974.7~1975.7		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durham 氏標準標本台</li> <li>-重力玻片法</li> <li>-以 Calberla's solution 染色</li> <li>-顯微鏡鑑定</li> <li>▪ Mehrlich 試瓊脂平板</li> <li>-暴露 20min</li> <li>-鑑定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 玻片: 17 種黴菌孢子</li> <li>▪ Culture: 29 種黴菌</li> <li>▪ 非常常見: <i>Alternaria</i>, <i>Aspergillus</i>, <i>Eurotium</i>, <i>Hormodendrum</i>, <i>Nigrospora</i>, <i>Penicillium</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 玻片: <i>Alternaria</i>, <i>Aspergillus</i>, <i>Cephalosporium</i>, <i>Chaetomium</i>, <i>Cladosporium</i>, <i>Curvularia</i>, <i>Fusarium</i>, <i>Ganoderma</i>, <i>Helminthosporium</i>, <i>Hormodendrum</i>, <i>Leptosphaeria</i>, <i>Nigrospora</i>, <i>Penicillium</i>, <i>Plespora</i>, <i>Rhizopus</i>, <i>Venturia</i></li> <li>▪ Culture</li> <li>非常常見: <i>Alternaria</i>, <i>Aspergillus</i>, <i>Eurotium</i>, <i>Hormodendrum</i>, <i>Nigrospora</i>, <i>Penicillium</i></li> <li>常見: <i>Curvularia</i>, <i>Hemispora</i>, <i>Rhizopus</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 一年中以玻片法採集到 17 種黴菌孢子</li> <li>▪ 平板法採集到 29 種黴菌</li> </ul>						
1979	Taiwania/ 曾禧燕 陳瑞青	臺北地區的空中孢子相	Taipei	1977.5.1~1978.4.30		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Two standard Petri dishes:</li> <li>1.Sabouraud Dextrose Agar</li> <li>2.Czapek's Solution Agar</li> <li>▪ 暴露 20min</li> <li>▪ 鑑定</li> </ul>	73 種	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 菌落數: 冬天&gt;夏天</li> <li>▪ 菌落數與溫度及降雨有關</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Cladosporium</i> 28.13%</li> <li>Yeast 27.08%</li> <li><i>Aspergillus</i> 7.52%</li> <li><i>Penicillium</i> 6.88%</li> <li><i>Curvularia</i> 4.15%</li> <li><i>Alternaria</i> 2.96%</li> <li><i>Fusarium</i> 2.52%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 溫度與降雨可能是主樣影響因子</li> <li>▪ <i>Cladosporium</i> 是最常見的真菌種類</li> </ul>					
1979	中華醫誌/ 王文耀 陳道	台北地區空氣中所含黴菌與呼吸道過敏之關係	台北 南: 台大校本部 北: 石牌榮總	1977.7~1978.6	107 位呼吸道過敏病人	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 每日: 地心引力玻片法置於杜漢氏台上</li> <li>▪ 每月上中下旬: PDA 平板法</li> <li>▪ 病患做皮內測試</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 共 16 屬黴菌</li> <li>▪ 數量多而常見:</li> <li><i>Cladosporium</i>, <i>Fusarium</i></li> <li><i>Penicillium</i>, <i>Aspergillus</i>, <i>Alternaria</i>, <i>Helminthosporium</i></li> <li>▪ 五月至八月最多</li> </ul>	<table border="0"> <tr> <td>台大 <i>Penicillium</i> 36.8%</td> <td>石牌 <i>Hormodendrum</i> 62.4%</td> </tr> <tr> <td><i>Aspergillus</i> 3.6%</td> <td><i>Fusarium</i> 16%</td> </tr> <tr> <td><i>Fusarium</i> 15.3%</td> <td></td> </tr> </table>	台大 <i>Penicillium</i> 36.8%	石牌 <i>Hormodendrum</i> 62.4%	<i>Aspergillus</i> 3.6%	<i>Fusarium</i> 16%	<i>Fusarium</i> 15.3%		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 夏天氣喘患者增加</li> <li>▪ 冬天的氣喘不只是因為黴菌</li> <li>▪ 台北的黴菌季: 8~10 月</li> </ul>
台大 <i>Penicillium</i> 36.8%	石牌 <i>Hormodendrum</i> 62.4%														
<i>Aspergillus</i> 3.6%	<i>Fusarium</i> 16%														
<i>Fusarium</i> 15.3%															

表二 台北地區大氣中真菌相關研究 (續)

Reference		Title	Materials and Methods			Sampling	Results	Conclusion
Year	Journal/Author		Area	Duration	Population			
1980	中華微免雜誌/ 韓韶華, 熊映美, 趙慧瑛, 張律音, 彭志剛, 謝長富, 陳瑞青	臺北地區空氣中的黴菌及其孢子	Taipei	1974 起		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 曝露平板法</li> <li>▪ SDA CMA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Acremonium, Alternaria, Aspergillus, Aureobasidium, Botrytis, Candida, Cladosporium, Cryptococcus, Cunninghamella, Curvularia, Drechslera, Eurotium, Fusarium, Geotrichum, Gilmaniella, Monilia, Mucor, Nigrospora, Paecilomyces, Pencillium, Pestalotia, Phoma, Rhizopus, Rhodotorula, Saccharomyces, Scopulariopsis, Trichoderma, Trichosporon, Trichophyton, Trichothecium, Ulocladium, Wallemia,</i></li> </ul>	
1981	中華醫誌/ 韓韶華, 莊雨奇	臺灣各地空氣中黴菌孢子的降落量	北:國防醫學院 中:台中醫院 南:高雄醫學院 東:花蓮國風國中	1976		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durham 氏標準標本台</li> <li>▪ 重力玻片法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 共 14 屬</li> <li>▪ 北部: <i>Cladosporium, Nigrospora, Fusarium, Ganoderma, Alternaria, Curvularia, Branchysporium, Drechslera, Pestalotia, Venturia, Chaetomium, Leptosphaeria</i></li> <li>▪ 全年菌落數 東&gt;中&gt;南&gt;北</li> <li>▪ 北部菌落數 4462/cm<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 黴菌孢子降落量依季節而改變</li> <li>▪ 五月到十月為北部孢子季節</li> </ul>
1981	中華微免雜誌/ 韓韶華, 莊雨奇, 熊映美, 趙慧瑛, 張律音	臺北地區空氣中黴菌孢子降落量的追蹤調查	台北六個花粉站	1975~ 1979		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durham 氏標準標本台</li> <li>▪ 重力玻片法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 平均全年降落量 5656/cm<sup>2</sup></li> <li>▪ <i>Cladosporium</i> 2343/cm<sup>2</sup></li> <li>▪ <i>Nigrospora</i> 933/cm<sup>2</sup></li> <li>▪ <i>Fusarium</i> 394/cm<sup>2</sup></li> <li>▪ <i>Alternaria</i> 160/cm<sup>2</sup></li> <li>▪ <i>Ganoderma</i> 394/cm<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 五月到十月為北部孢子季節</li> <li>▪ 與氣溫有關</li> <li>▪ 平板法與玻片法可互相映證結果</li> </ul>

表二 台北地區大氣中真菌相關研究 (續)

Reference		Title	Materials and Methods			Sampling	Results	Conclusion	
Year	Journal/Author		Area	Duration	Population				
1983	台大植物病蟲害/張東柱, 陸偉, 陳道	台北空中真菌相	台大校本部	1980.10.3~1981.10.2		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durham 氏標準標本台</li> <li>▪ PDA</li> <li>▪ 暴露五分鐘</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 共 112 屬, 接合菌綱 7 屬, 不完全菌綱 97 屬, 子囊菌綱 7 屬, 擔子菌綱 1 屬</li> <li>▪ 日變化-早上最多、中午次之、晚上最少</li> <li>▪ 冬季的菌落數最少, 春末夏初的菌落數最多</li> <li>▪ 菌落數與降雨時數、雨量、溫度、及相對濕度有關</li> <li>▪ 每月降雨累加時數與菌落數成正相關</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Cladosporium</i> 15.13%</li> <li><i>Geotrichum</i> 10.75%</li> <li><i>Phomopsis</i> 7.8%</li> <li><i>Penicillium</i> 6.72%</li> <li><i>Phoma</i> 5.33%</li> <li><i>Aspergillus</i> 4.04%</li> <li><i>Alternaria</i> 3.66%</li> <li><i>Nigrospora</i> 2.92%</li> <li><i>Pestalotia</i> 2.34%</li> <li><i>Curvularia</i> 2.13%</li> <li><i>Monilia</i> 1.93%</li> <li><i>Fusarium</i> 1.45%</li> <li><i>Arthrimum</i> 1.07%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 偏差</li> <li>-使用培養基捕菌法</li> <li>-暴露時間</li> <li>▪ 菌落數的日變化與孢子釋放時間及當時的氣象因子有關</li> <li>▪ 台北空氣中真菌的季節性變化受降雨時數與雨量的影響大於溫度</li> <li>▪ 降雨時數的影響大於雨量</li> <li>▪ 台灣因氣候較潮濕, 而有較多的濕孢子</li> </ul>
1995	科學發展/陳瑞青	台灣地區主要城市上空過敏原菌類孢子相	台北, 陽明, 台中, 台南, 高鳳, 花蓮, 台東	1993.4~1994.3		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Burkard 七天自記連續孢子採集器</li> <li>▪ Burkard 平板孢子採集器</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 孢子數高低: 花蓮(七月) 台東(八月) 台中(六月) 陽明山(三月) 高鳳(五月) 台北(六月)</li> <li>▪ 孢子數之週日變化: 早晨最多, 下午最少</li> <li>▪ 菌類相</li> <li>-共 185 屬</li> <li>-全省各站均有: <i>Alternaria</i>, <i>Aspergillus</i>, <i>Cladosporium</i>, <i>Curvularia</i>, <i>Drechslera</i>, <i>Fusarium</i>, <i>Nigrospora</i>, <i>Penicillium</i>, <i>Periconia</i>, <i>Pithomyces</i>, <i>Stemphylium</i></li> <li>▪ <i>Cladosporium</i>, <i>Aspergillus</i>, <i>Penicillin</i> 為全省優勢菌種</li> <li>▪ <i>Ganoderma</i>, <i>Cladosporium</i>, <i>Aspergillus</i>, <i>Periconia</i>, <i>Nigrospora</i> 為台北優勢菌種</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 膠帶法效率優於平板法</li> <li>▪ 孢子數以夏季(五至八月)最多</li> </ul>	

表二 台北地區大氣中真菌相關研究 (續)

Reference		Title	Materials and Methods			Sampling	Results			Conclusion
Year	Journal/Author		Area	Duration	Population					
1996	Aerosol Science/ 林文海 李芝珊	Size Characteristics of Fungus Allergens in the Subtropical Climate	台北市	1995.6.21~1995.6.28 1995.10.18~1995.10.25		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anderson Six-Stage Viable Sampler</li> <li>▪ MEA</li> <li>▪ 夏天五分鐘，冬天十分鐘</li> <li>▪ 六小時測一次</li> </ul>	午夜濃度最大： 1700 CFU/m <sup>3</sup>	夏天： <i>Penicillin</i> 6.5% Yeast 3.1% <i>Aspergillus</i> 2.6% <i>Alternaria</i> 1.2% <i>Paecilomyces</i> 0.6% <i>Fusarium</i> 0.6% <i>Trichophyton</i> 0.2%	冬天 <i>Cladosporium</i> 14.2% <i>Penicillium</i> 3.9% Yeast 3.2% <i>Alternaria</i> 3.1% <i>Fusarium</i> 1.1% <i>Aspergillus</i> 0.7% <i>Paecilomyces</i> 0.2%	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 午夜的濃度大於白天</li> <li>▪ 最大濃度的真菌過敏原 size :2.1-3.3μm</li> </ul>
2000	Aerosol Science & Technology / Lin, W. H. Li, C. S.	Associations of Fungal Aerosols, Air Pollutants, and Meteorological Factors	台北地區 -古亭 -汐止	1995		Anderson One Stage Viable Sampler	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 夏天 -古亭 2835 CFU/m<sup>3</sup> -汐止 2651 CFU/m<sup>3</sup></li> <li>▪ 冬天 -古亭 1107 CFU/m<sup>3</sup> -汐止 2248 CFU/m<sup>3</sup></li> <li>▪ 真菌最高濃度出現在 -溫度 25-30°C -相對溼度 60-70% -風速 1 m/s -吹南南東風</li> <li>▪ 總真菌濃度與O<sub>3</sub>濃度呈負相關</li> <li>▪ <i>Cladosporium</i> 濃度與碳氫化合物呈正相關</li> <li>▪ <i>Penicillium</i>, Yeast與PM<sub>10</sub>呈正相關</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 真菌濃度與空氣污染物、氣象因子有關</li> </ul>

## 2.3 長程傳輸與生物性微粒之相關性

大氣中生物性微粒的最主要來源為各種植物和土壤，此外，如地區性的農業活動、養殖業等等也會造成當地生物性微粒濃度的增加。除了本土性的來源外，外來的生物性微粒也很有可能經由長程傳輸到台灣地區。過去生物學家認為，大部份的微生物很難長期抵擋戶外的紫外線，因此會經由長程傳輸（如附著在沙塵暴微粒上的微生物）影響到第三地的機會不大。然而，近年來有研究指出，跨洲的沙塵暴的確很有可能挾帶致病的微生物，進而造成危害 (Taylor 2002; Pohl 2003)。例如，從 1980 年代初期開始，加勒比海的扇形珊瑚受到一種土壤中真菌的侵襲而死亡。剛開始美國的地質學家認為，可能是當地人們的活動所間接造成。然而研究學者深入調查後發現，感染扇形珊瑚的元凶，應該是經由非洲長程傳輸至美洲的沙塵中所攜帶的麴菌(*Aspergillus*)。此外，美國地質學者 Ginger Garrison 認為，其他因細菌感染造成的珊瑚疾病，也和非洲沙塵的活動有關(Pohl 2003)。至於為什麼細菌和真菌可以存活於沙塵中，研究學者們指出，因為在厚濁的沙塵雲底部，紫外線的暴露量會因上層的遮蔽而顯著地降低，因此微生物可以維持它們的生命力。數個在東亞進行的沙塵暴研究也支持此推論。在 2000 年韓國西岸進行的一項實驗中，研究人員分別於二次大陸沙塵暴侵襲及一非沙塵暴期間進行大氣監測。結果發現，在沙塵暴和非沙塵暴期間所觀察到的真菌種類有顯著的差異，作者認為很可能是因為沙塵長程傳輸帶來不同菌種的緣故 (Yeo et al. 2002)。Wu 等人則是針對 2000 年 12 月至 2001 年 4 月期間的大陸沙塵暴事件進行分析，評估台南市大氣中真菌孢子的成份及濃度是否會受到影響。結果發現，Basidiospores, *Aspergillus/Penicillium*、*Nigrospora*、*Arthriniium*、*Curvularia*、Rusts、*Stemphylium*、*Cercospora*、*Pithomyces* 等，在沙塵暴影響期間的濃度會顯著高於非沙塵期間 (Wu et al. 2004)。Ho 等人自 1994 年 1 月到 1996 年 3 月在花蓮進行大氣中真菌孢子的監測，結果亦發現數種真菌孢子的濃度在沙塵影響期間顯著高於非沙塵期間，包括總真菌孢子、*Cladosporium*、*Ganoderma*、*Arthriniium/Papularia*、*Cercospora*、*Periconia*、*Alternaria* 以及 *Botrytis* (Ho et al. 2005)。綜合以上的研究結果，長程傳輸很可能會影響台灣地區大氣中生物性微粒之成份及濃度，對民眾健康及生態環境的潛在影響不容忽視。

## 2.4 小結

由於過敏性疾病及氣喘的盛行率在歐美及台灣地區都有不斷上昇的趨勢 (Guo et al. 1999; Yang 2000; Patino et al. 2001; Strannegard et al. 2001)，進行大氣中生物性微粒的暴露評估以了解其健康效應，是提昇公共衛生及維護民眾健康的重要議題。根據上述文獻回顧可以發現，真菌及細菌內毒素是重要的大氣中生物性微粒，因此應進行長期監測、建立我國本土資料，以評估可能的健康風險。而長程傳輸事件，如大陸沙塵暴，亦會影響我國大氣中生物性微粒之成份及濃度，因此必需加以監測，以瞭解對我國民眾健康及生態環境的影響。

## 第三章 執行方法

### 3.1 研究架構

本研究計畫於環保署微粒超級測站進行大氣中生物性微粒之監測，並建立測量分析方法。主要測量之生物性成份包括總真菌孢子濃度、常見戶外真菌過敏原 (*Alternaria* 和 *Aspergillus*)、以及細菌內毒素(endotoxin)。我們配合中央大學李崇德教授在微粒超級測站進行人工採樣的期間，同時監測長程傳輸事件對生物性微粒濃度的影響，以利不同性質微粒間相關性的比對。此外，我們針對總真菌孢子濃度建立大氣基線資料，並利用統計模式進行生物性成份與氣象因子及大氣污染物（如臭氧、碳氫化合物等）之相關性分析。生物性微粒之監測資料並將提供給其他子計畫，以綜合評估超級測站監測微粒之生物性、物理性及化學性成份間之相關性。

### 3.2 生物性微粒之監測與採集方法

#### 3.2.1 採樣地點

大氣中生物性微粒之監測於環保署北部微粒超級測站進行（圖一）。北部微粒超級測站位於台北縣新莊運動公園，自 92 年 3 月起進行每日 24 小時連續運轉，監測並分析大氣中微粒粒徑分佈以及其化學成份（如碳成分、硝酸鹽濃度、硫酸鹽濃度等），並提供大氣條件資料。



圖一 環保署北部微粒超級測站

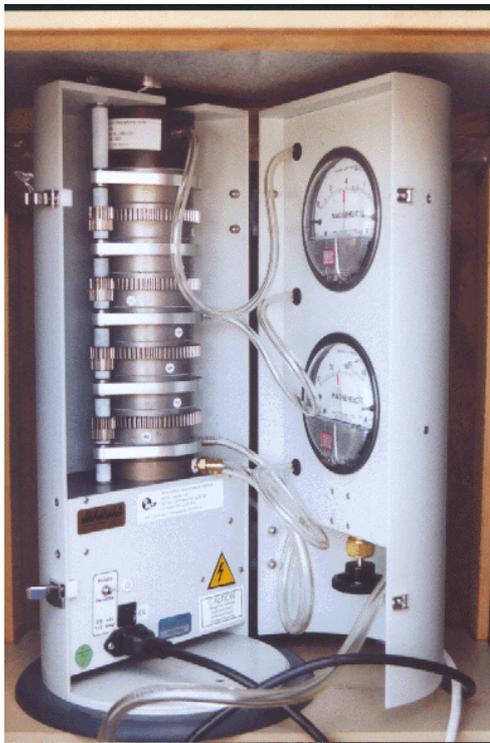
### 3.2.2 監測與採集方法

本計畫主要測量之生物性成份包括真菌孢子、常見戶外真菌過敏原 (*Alternaria* 和 *Aspergillus*) 以及細菌內毒素(endotoxin)。在真菌孢子的部份，我們使用 Burkard 連續性孢子採樣器(Burkard Seven-Day Recording Volumetric Spore Trap, Burkard Manufacturing Co., Rickmansworth, England) (圖二) 進行測量。此採樣器為國際上生物性微粒長期監測之標準方法。American Academy of Allergy, Asthma and Immunology (AAAAI) 所建立之全美 Aeroallergen Network，即使用此種採樣器，以提供全美氣象預報中的花粉和真菌孢子濃度，做為民眾(特別是有過敏性呼吸道疾病者)從事戶外活動的參考依據。在本計畫中，採樣分成每月固定採樣及大陸沙塵監測兩個部份。每月固定採樣為每個月底進行連續七天的定期採樣，以建立台北都會區大氣中真菌孢子種類及濃度之基線資料。大陸沙塵監測則配合中央大學李崇德教授在微粒超級測站進行人工採樣的期間，進行連續採樣，以評估長程傳輸事件(大陸沙塵)對生物性微粒種類及濃度的影響。Burkard 連續性孢子採樣器的流量為 10 liter/min，將空氣自 2mm×14mm 的開口中吸入，使大氣中懸浮微粒黏附在連續定時轉動的特製透明膠片上 (Melinex tape coated with Gelvotal solution)。採樣器之上半部可以旋轉並附有一尾翼，使採樣器之開口於採樣期間皆為迎風狀態，以增加微粒捕集效率。透明膠片在採樣完畢後由採樣器中取出，放置於專門之樣本貯存容器內後立刻送回實驗室進行處理及分析。



圖二 Burkard Seven-Day Recording Volumetric Spore Trap

雖然 Burkard 連續性孢子採樣器可以提供生物微粒之形態作為鑑定之依據，然而有些附著在其他微粒上的生物性成份(如真菌及花粉過敏原，或其碎片)並無法有效辨認。因此，針對懸浮微粒所含生物性成份進行分析有其必要性。我們原定使用高流量三道採樣器(Trichotomous Sampler)進行數次連續性的密集微粒採樣，但在評估後發現該採樣器用電量超過環保署微粒超級測站所能負荷，且噪音過大，會影響新莊運動公園的使用民眾，因此改用十階道微粒採樣器 (Micro-Orifice Uniform Deposit Impactors, MOUDI) (圖三)。我們利用十階道微粒採樣器進行三個禮拜的密集微粒採樣 (分別進行一天、二天及三天連續採樣各三次)，以建立採樣分析方法，並決定適當的採樣時間(sampling interval)。由於本子計畫所監測之生物性微粒成份並無本土之大氣背景值資料，因此無法推估合適之採樣時間(sampling interval)，以採集足夠可分析生物性成份之微粒量。而九十三年度與黃嵩立教授共同執行的子計畫中，雖然樣本收集亦使用十階道微粒採樣器，但為避免所收集樣本中內毒素濃度過低而影響細胞毒性測驗，黃教授的研究團隊將所收集不同粒徑之微粒合併分析，故無法評估各粒徑範圍的內毒素濃度，亦無法推估合適的採樣時間。十階道微粒採樣器之流量為 30 liter/min，所採集的微粒粒徑 (50% cut points diameter) 為 10、5.6、3.2、1.8、1、0.56、0.32、0.18、0.1 及 0.056  $\mu\text{m}$ 。十階道微粒採樣器之採樣介質為濾紙(polycarbonate 及 fiber glass filter)，採樣完畢後將濾紙裝入乾淨的 50\*11mm petri dish 中 (圖四) 中，立即送回實驗室冷藏於 4°C。



圖三 MOUDI



圖四 Petri Dish

### 3.2.3 分析方法

採集真菌孢子所用之透明膠帶，自採樣器的轉輪中取出後，按時間（每天）分割開，並將每天的樣本分別固定在標示有日期的載玻片上，染色後再使用光學顯微鏡進行分析，計數各類孢子的數目。鑑定孢子之種類包括：*ascospores*、*basidiospores*、*Alternaria*、*Arthrinium*、*Aspergillus/Penicillium*、*Botrytis*、*Cercospora*、*Cladosporium*、*Curvularia*、*Drechslera/Helminthosporium*、*Epicoccum*、*Fusarium*、*Nigrospora*、*Oidium/Erysiphe*、*Periconia*、*Peronospora*、*Pithomyces*、*Polythrincium*、*Rusts*、*Smuts*、*Stemphylium*、*Tetraploa*、*Torula* 以及 *Ulocladium*，不屬於上列者則歸類為 *unidentified spores*。每日真菌孢子濃度的計算公式如下：

$$\begin{aligned} \text{總真菌孢子濃度 (spores/m}^3\text{)} &= \frac{\text{計數所得真菌孢子數 (number of spores)}}{\text{該時段採樣空氣體積 (m}^3\text{)}} \\ &= \frac{\text{計數所得真菌孢子數 (number of spores)}}{0.298 \text{ (m}^3\text{)}} \end{aligned}$$

採集各粒徑微粒的濾紙，裁剪成一半後分別進行真菌過敏原及內毒素的分析。為避免各粒徑生物性成份濃度過低，因此將部份粒徑樣本合併後進行萃取分析，合併後之粒徑範圍包括： $PM_{>10}$ 、 $PM_{3.2-10}$ 、 $PM_{1-3.2}$ 及 $PM_{0.056-1}$ 。在真菌過敏原的部份，先利用PBS (phosphate buffered saline)進行萃取，再將萃取液凍乾後置於 $-20^{\circ}\text{C}$ 下貯存，至上機分析前再以去離子水還原成水溶液進行分析。真菌過敏原 (*Alternaria*和*Aspergillus*) 的分析是使用酵素連結免疫分析法(Enzyme-Linked Immunosorbent Assay, ELISA)進行(圖五)。在細菌內毒素的部份，濾紙先在 $80^{\circ}\text{C}$ 下用 2M Methanolic HCl消化 16 小時後，進行氮氣濃縮及衍生化，再利用氣相層析質譜儀(Gas Chromatography - Mass Spectrometry: GC-MS-MS)進行內毒素化學指標 3-hydroxy fatty acids (3-OH FAs)之分析，進以評估大氣中內毒素的濃度。



圖五 ELISA Reader



圖六 GC-MS-MS

### 3.3 氣象因子與大氣污染物監測資料之收集

氣象因子、大氣污染物（如臭氧）與大氣中生物性微粒濃度變化有複雜的相關性 (Lewis et al. 2000; Lin and Li 2000; Ho et al. 2005)。中央大學李崇德教授提供環保署北部微粒超級測站的溫度、濕度、風向、降雨量等氣象因子，以及臭氧、二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、PM<sub>10</sub>及PM<sub>2.5</sub>等污染物之每日監測資料，以進行統計模式分析。

### 3.4 資料分析

所有資料的建檔及管理，使用Microsoft Excel。描述性資料的呈現及資料的統計分析則使用SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC) 及Sigma Plot (SPSS Inc., Chicago, IL)統計軟體。本子計畫進行統計分析之大氣中生物性成份變項為真菌孢子濃度，以及不同粒徑微粒（PM<sub>>10</sub>、PM<sub>3.2-10</sub>、PM<sub>1-3.2</sub>、PM<sub>0.056-1</sub>）中所含內毒素、*Alternaria*及*Aspergillus*過敏原之濃度。我們利用描述性資料分析，彙整所測量生物性成份之分佈，並針對真菌孢子評估其季節效應。而生物性成份與氣象因子及大氣污染物間的相關性，以多變項迴歸模式來評估，並利用 Exponential Correlation Model 控制重複採樣所造成之相關性 (autocorrelation)。

## 第四章 主要工作內容及重要發現與成果

### 4.1 真菌孢子監測結果

真菌孢子的採樣日期及總真菌孢子每月平均濃度列於表三。每月定期採樣於 1 至 10 月進行，其中 4 月份因為監測大陸沙塵並未另外進行定期採樣。本計畫 94 年度所收到襲台的大陸沙塵預警只有一次(附錄)，預警發佈的監測期間為 4 月 13 日至 4 月 22 日，但該波沙塵對北台灣影響較弱。根據李崇德教授團隊所提供的資料指出，沙塵影響台灣的期間可能為 4 月 13 日至 17 日。

表三 2005 年 1 至 10 月真菌孢子採樣日期與平均濃度

採樣目的	採樣日期	樣本數 <sup>1</sup>	總真菌孢子平均濃度(spore/m <sup>3</sup> )
沙塵採樣	4/13 ~ 4/22	9	2486
一月份定期採樣	1/25 ~ 2/1	7	1934
二月份定期採樣	2/24 ~ 3/3	7	1585
三月份定期採樣	3/24 ~ 3/31	7	908
四月份定期採樣	4/30 ~ 5/7	— <sup>2</sup>	— <sup>2</sup>
五月份定期採樣	5/24 ~ 5/31	7	1928
六月份定期採樣	6/23 ~ 6/30	7	2966
七月份定期採樣	7/25 ~ 8/1	7	2427
八月份定期採樣	8/25 ~ 8/30	5 <sup>3</sup>	5065
九月份定期採樣	9/24 ~ 9/30	6 <sup>3</sup>	1019
十月份定期採樣	10/24 ~ 10/31	7	1366

<sup>1</sup>真菌孢子之樣本單位為一個載玻片。

<sup>2</sup>因四月份已進行沙塵暴之監測，故該月份之定期採樣不另外進行。

<sup>3</sup>因颱風來襲採樣提前結束。

表二為 1 至 10 月真菌孢子的出現頻率及濃度分佈，其中最常見且濃度最高的為 ascospores (子囊孢子)、basidiospores (擔孢子)、*Cladosporium* (分枝孢子菌) 及 *Aspergillus/Penicillium* (麴菌/青黴菌屬)，其平均濃度分別為 711.89 spore/m<sup>3</sup>、495.38 spore/m<sup>3</sup>、483.71 spore/m<sup>3</sup>及 248.91spore/m<sup>3</sup>。其他出現頻率高(>65%)，但平均濃度較低的真菌種類包括 *Fusarium* (新月黴菌屬)、*Arthrinium* (節菱孢屬)、*Curvularia* (彎孢黴菌)、*Alternaria* (交錯黴菌屬)、*Periconia* (黑蔥花霉屬)、*Torula* (圓酵母) 和 *Drechslera/Helminthosporium* (蠕孢菌/長蠕胞霉)，其平均濃度分別為 19.50 spore/m<sup>3</sup>、19.99 spore/m<sup>3</sup>、20.04 spore/m<sup>3</sup>、7.78 spore/m<sup>3</sup>、10.31spore/m<sup>3</sup>、9.53spore/m<sup>3</sup> 以及 8.12spore/m<sup>3</sup>。本計畫之觀察結果與本子計畫主持人 93 年於微粒超級測站監測可培養性真菌的結果相當一致。可培養性真菌中最常見種類為 Non-sporulating Fungi (未產生孢子

之真菌)、*Cladosporium* (分枝孢子菌)、*Penicillium* (青黴菌) 以及 *Aspergillus* (麴菌) (趙及詹 2004)。Ascospores 及 basidiospores 在培養基上通常以 Non-sporulating fungi 的形式存在；而 *Penicillium* 及 *Aspergillus* 若只觀察孢子的型態，無法分辨認其差異，因此合併成一類。

圖七至圖十八分別為總真菌孢子、ascospores、basidiospores、*Cladosporium*、*Aspergillus/Penicillium*、*Fusarium*、*Arthrimum*、*Curvularia*、*Alternaria*、*Periconia*、*Torula* 及 *Drechslera/Helminthosporium* 1-10 月份的濃度分佈。總真菌孢子濃度在 3 月份最低，8 月份最高，有明顯的季節變化 (圖七)。Ascospores 及 basidiospores 的濃度亦在夏季時較高 (8 月份最高)，3 月份時濃度最低 (圖八及九)。本研究所觀察到的 *Cladosporium* 濃度變化較特別，一月和四月的濃度最高，其次為二月、三月和八月 (圖十)。*Aspergillus/Penicillium* 的濃度變化與總真菌濃度相似，夏季較高、冬季較低 (圖十一)。*Fusarium* 和 *Arthrimum* 的濃度變化則有兩個高峯值，分別在一月及八月 (圖十二及十三)。*Curvularia* 的濃度在夏、秋兩季較高，冬季最低 (圖十四)。*Alternaria* 及 *Periconia* 的濃度變化有兩個高峯值，分別在冬季及夏季 (圖十五及十六)。*Torula* 的濃度沒有明顯的季節變化 (圖十七)。*Drechslera/Helminthosporium* 的濃度變化與總真菌及 *Aspergillus/Penicillium* 相似，夏季濃度明顯高於其他季節 (圖十八)。

表四 2005 年 1 至 10 月真菌孢子出現頻率及濃度分佈<sup>1</sup>

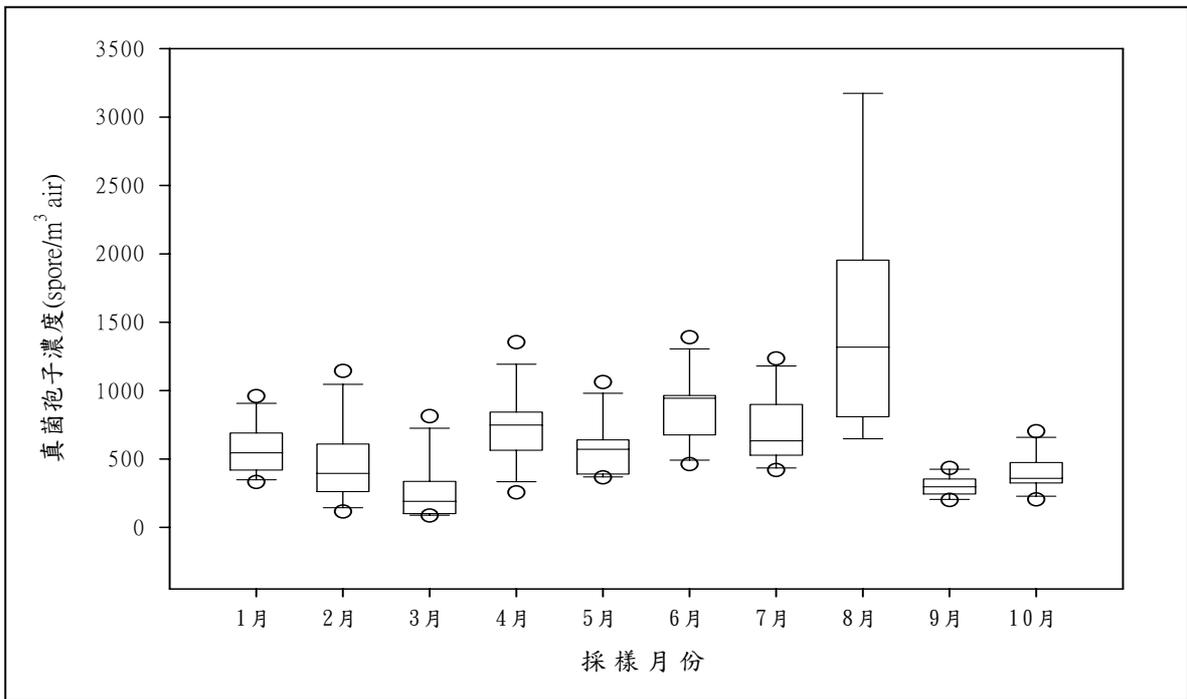
真菌菌屬	菌屬中文名稱	頻率(%) <sup>2</sup>	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值
Ascospores	子囊孢子	100.00	711.89	526.85	736.97	60.40	5057.05
Basidiospores	擔孢子	100.00	495.38	275.17	540.14	13.42	2711.41
<i>Cladosporium</i>	芽枝黴菌、分枝孢子菌	100.00	483.71	231.54	562.17	13.42	2291.95
Unidentified fungal spores	未鑑定出之真菌孢子	100.00	53.93	40.26	58.87	3.36	469.80
<i>Aspergillus/Penicillium</i>	麴菌屬/青黴屬	98.55	248.91	218.12	185.91	0.00	781.88
<i>Fusarium</i>	新月黴菌屬、鐮刀菌屬	91.30	19.50	13.42	22.23	0.00	127.52
<i>Arthrinium</i>	節菱孢屬	81.16	19.99	10.07	29.96	0.00	211.41
<i>Curvularia</i>	彎孢黴菌	73.91	20.04	10.07	23.86	0.00	104.03
<i>Alternaria</i>	交錯黴菌屬	69.57	7.78	3.36	11.89	0.00	77.18
<i>Periconia</i>	黑蔥花霉屬	68.12	10.31	6.71	11.22	0.00	40.27
<i>Torula</i>	圓酵母	68.12	9.53	6.71	16.56	0.00	117.45
<i>Drechslera/Helminthosporium</i>	蠕孢菌/長蠕胞霉	66.67	8.12	6.71	8.83	0.00	36.91
<i>Pithomyces</i>	鼓孢瘤座黴屬	34.78	2.19	0.00	3.68	0.00	13.42
<i>Oidium/Erysiphe</i>	粉孢菌/白粉菌	33.33	6.76	0.00	24.42	0.00	194.63
<i>Nigrospora</i>	黑色孢子黴菌屬	30.43	1.70	0.00	3.62	0.00	20.13
<i>Botrytis</i>	灰黴菌	26.09	4.23	0.00	9.76	0.00	57.05
Smuts	黑穗病菌	23.19	2.04	0.00	4.54	0.00	20.13
<i>Stemphylium</i>	葡根黴菌	18.84	0.88	0.00	2.05	0.00	10.07

表四 2005 年 1 至 10 月真菌孢子出現頻率及濃度分佈<sup>1</sup> (續)

真菌菌屬	菌屬中文名稱	頻率(%) <sup>2</sup>	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值
<i>Tetraploa</i>	—	15.94	0.58	0.00	1.40	0.00	6.71
<i>Peronospora</i>	霜霉病菌	11.59	1.65	0.00	7.38	0.00	57.05
Rusts	銹病菌	7.25	0.73	0.00	3.54	0.00	26.85
<i>Cercospora</i>	尾孢菌	5.80	0.24	0.00	1.05	0.00	6.71
<i>Ulocladium</i>	對核盤菌	4.35	0.15	0.00	0.69	0.00	3.36
<i>Epicoccum</i>	附球黴菌	1.45	0.15	0.00	1.21	0.00	10.07
Total Fungal Spores	總真菌孢子濃度	100.00	2110.40	1828.86	1536.86	288.59	10647.65

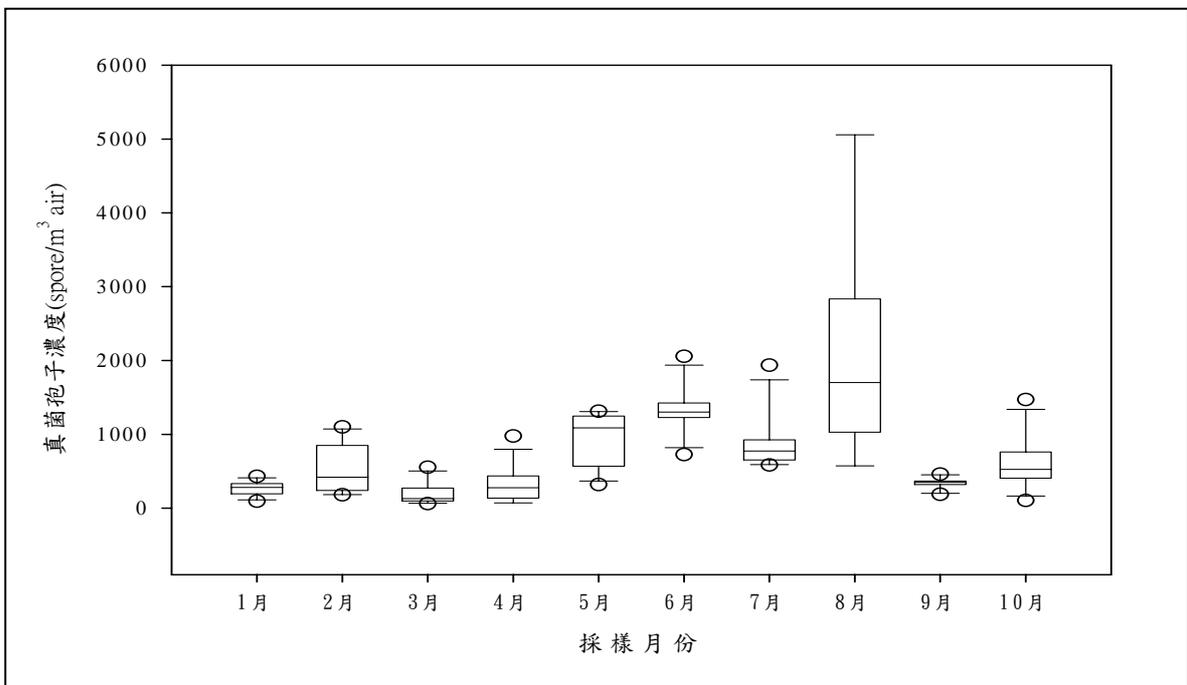
<sup>1</sup> 真菌之濃度單位為spore/m<sup>3</sup> air 。

<sup>2</sup> 頻率之計算方法為在總採樣次數中 (共 69 次) 該菌屬之出現百分率 (出現次數/69) 。

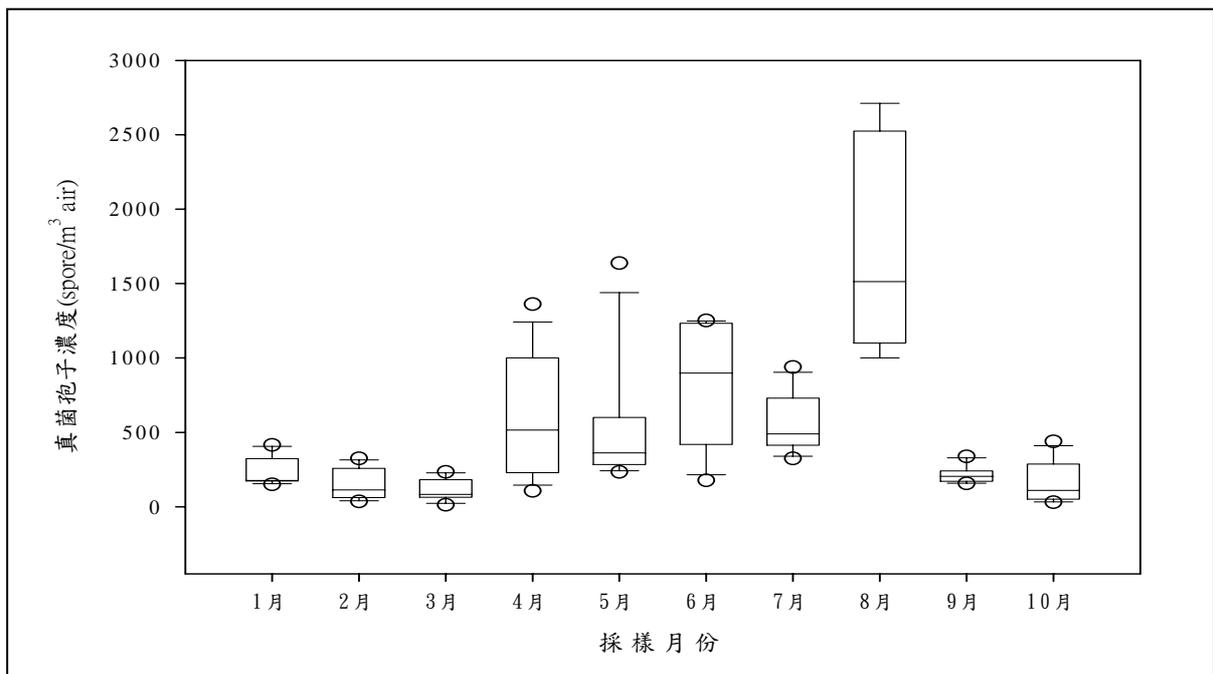


圖七 2005 年總真菌孢子濃度分佈

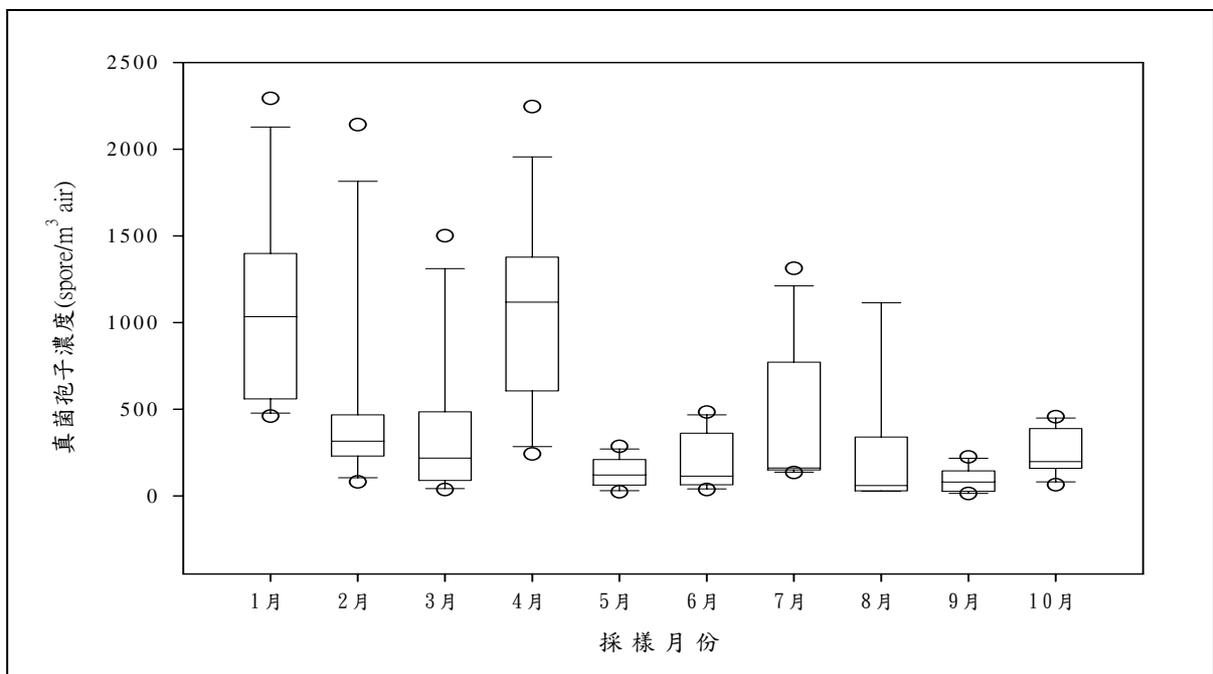
— 箱型圖顯示第 10、25、50、75、90 百分位，以及離群值。



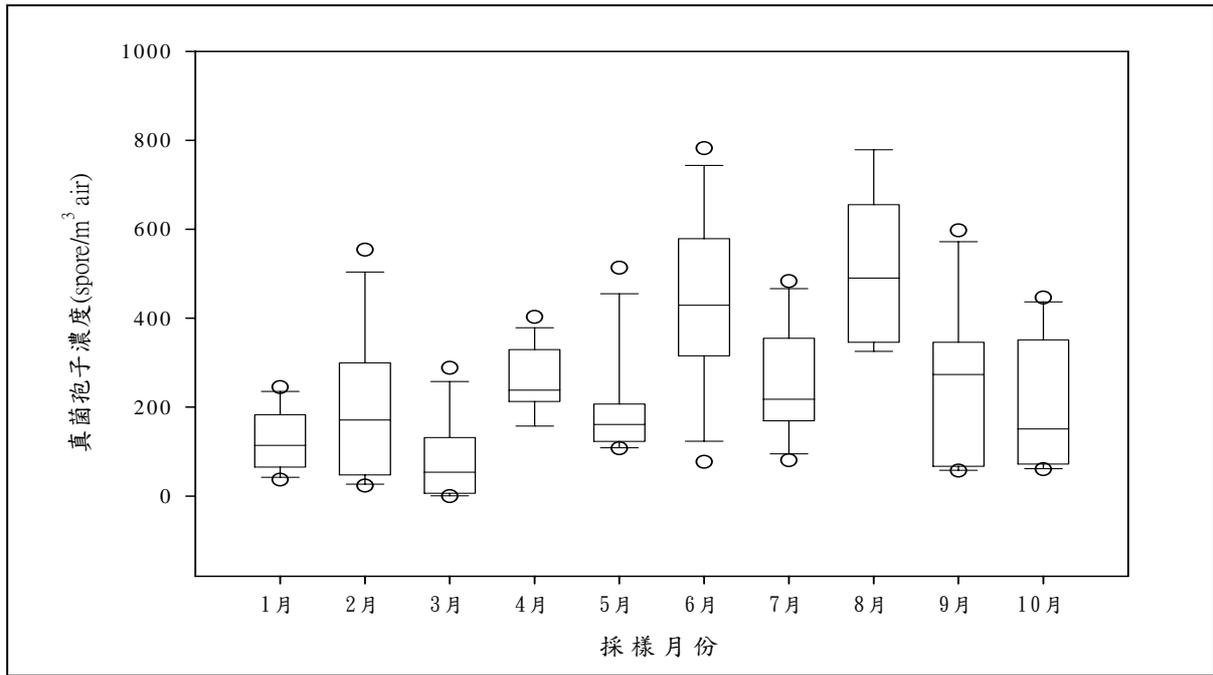
圖八 2005 年 Ascospores 濃度分佈



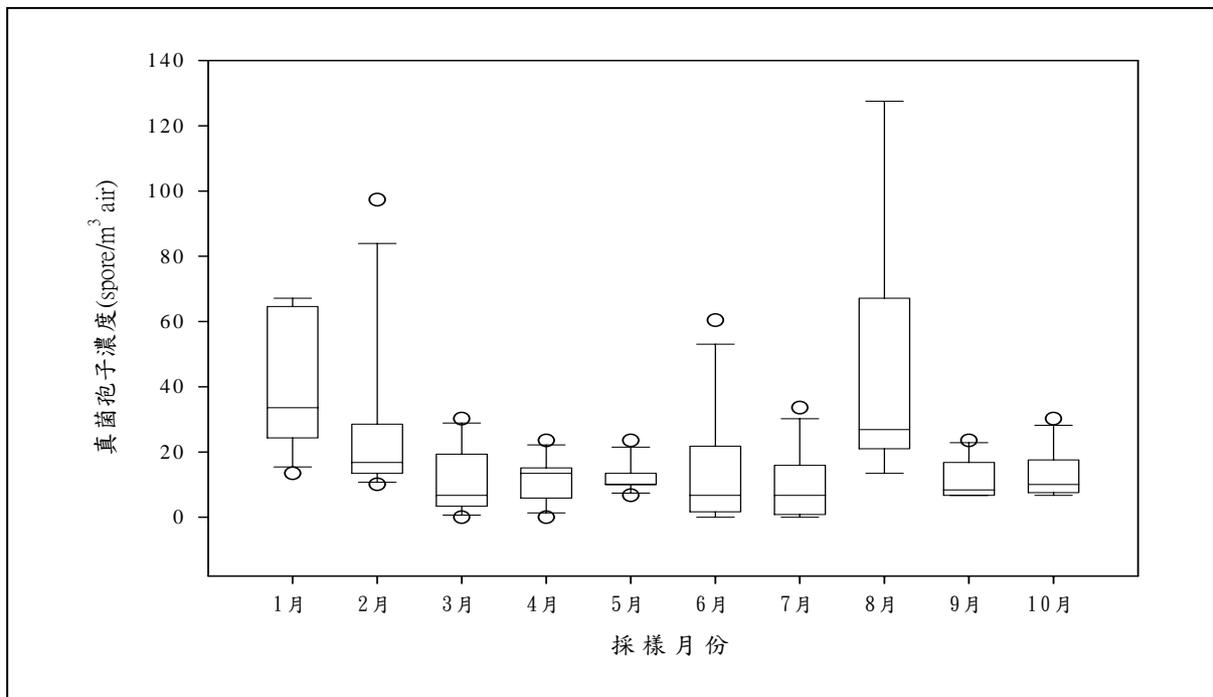
圖九 2005 年 Basidiospores 濃度分佈



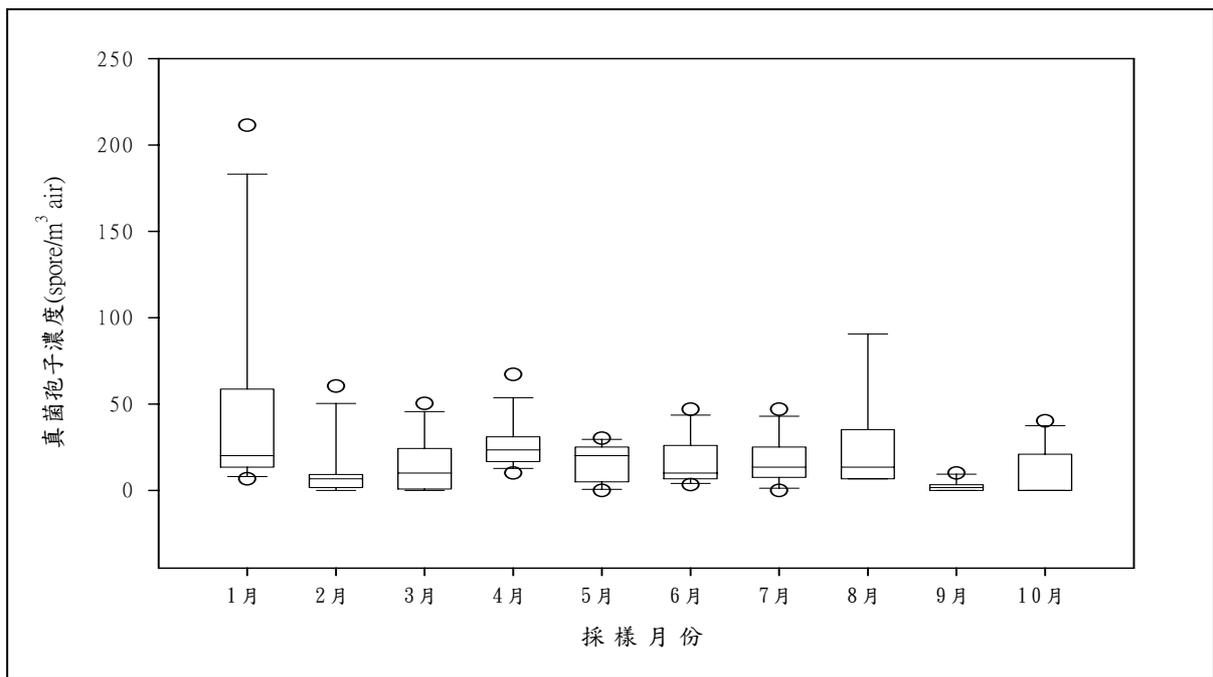
圖十 2005 年 Cladosporium 濃度分佈



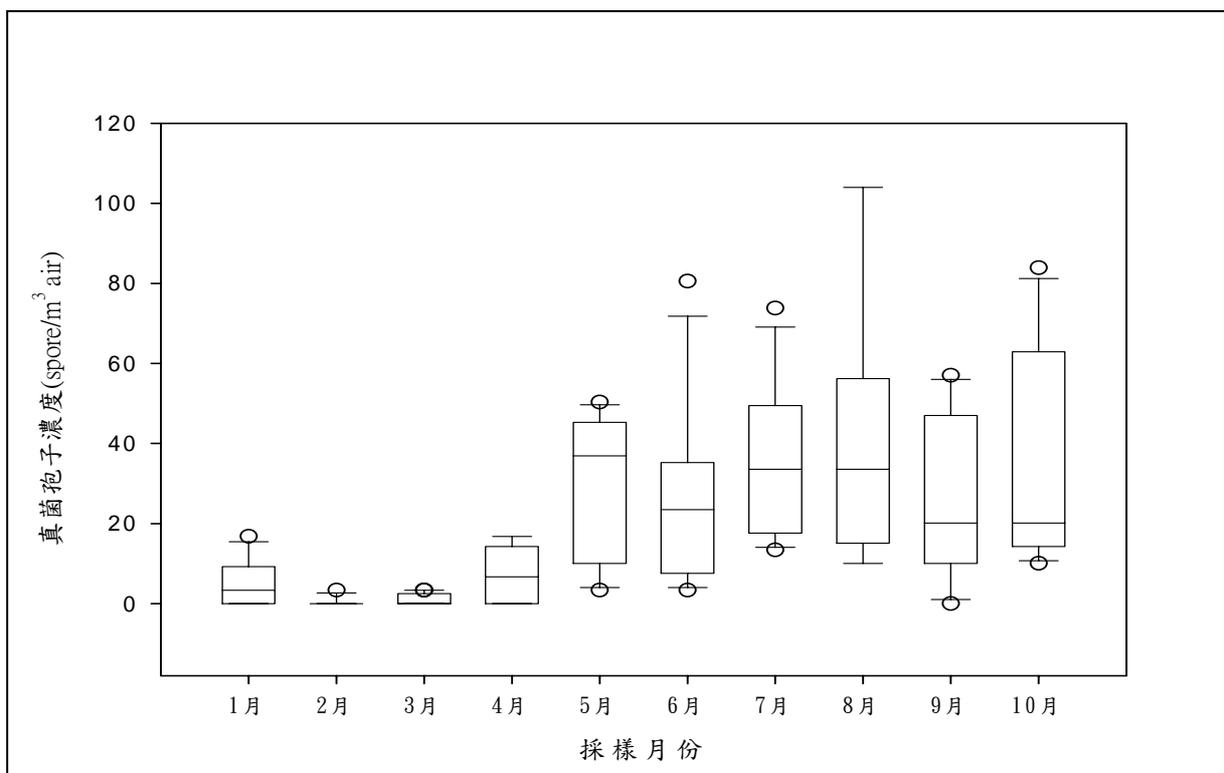
圖十一 2005年 *Aspergillus/Penicillium* 濃度分佈



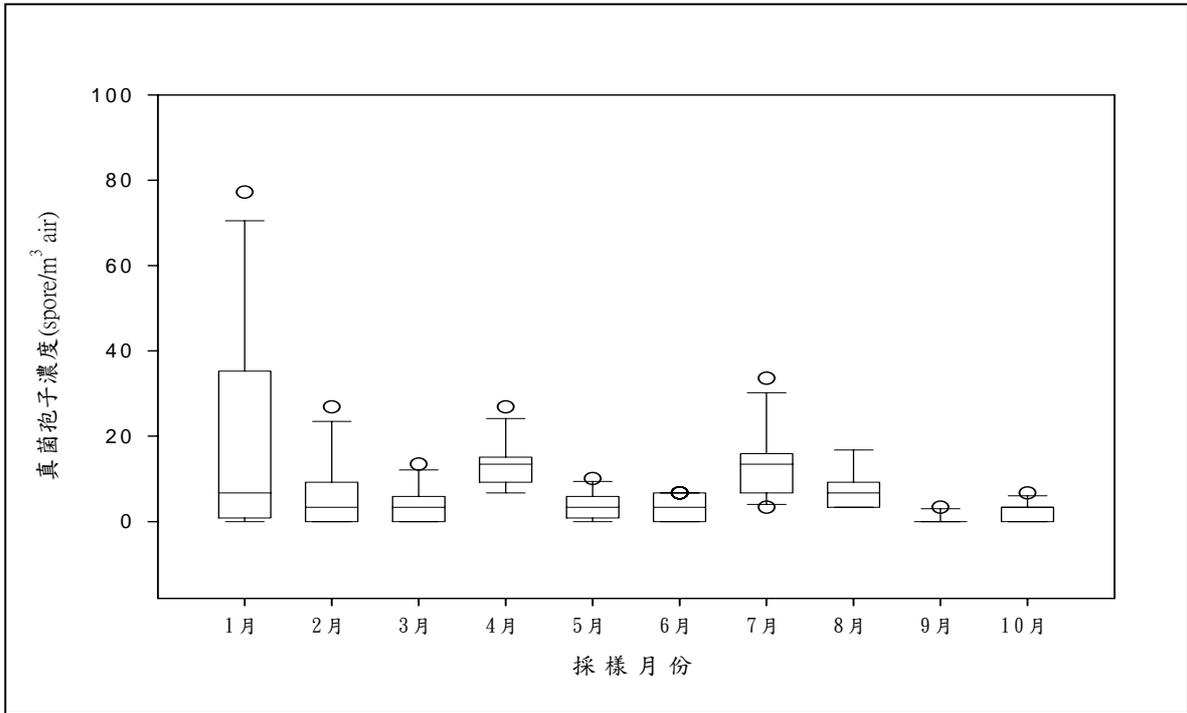
圖十二 2005年 *Fusarium* 濃度分佈



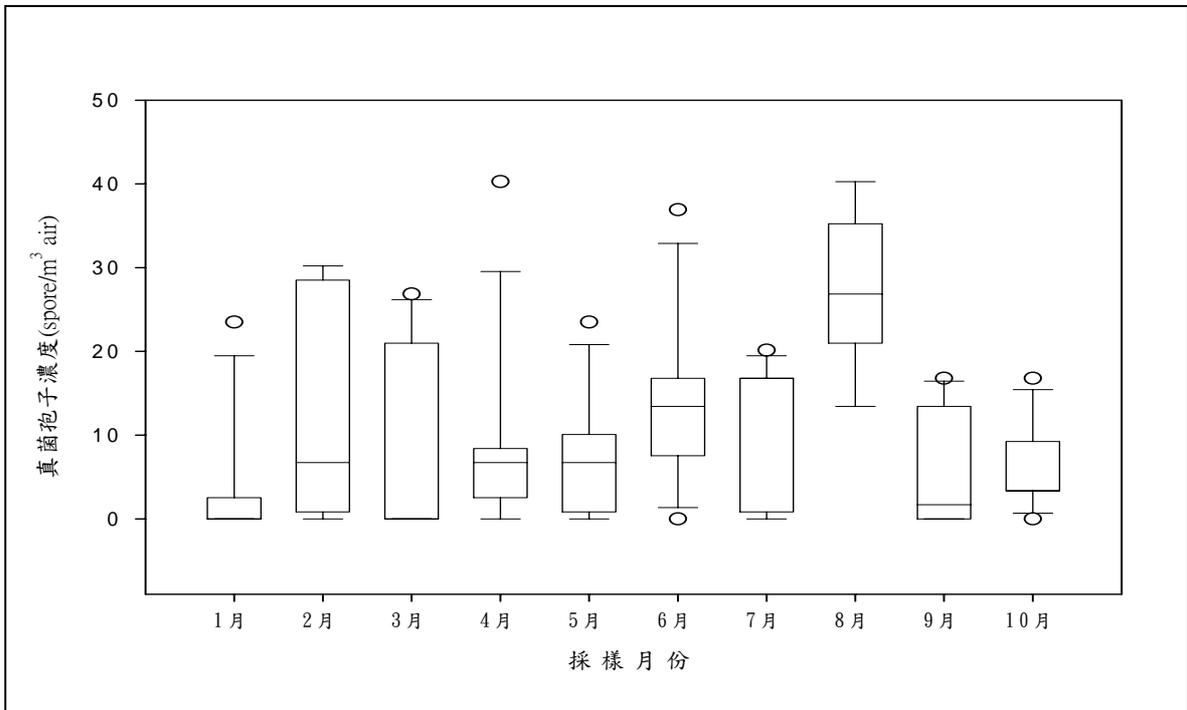
圖十三 2005 年 *Arthrinium* 濃度分佈



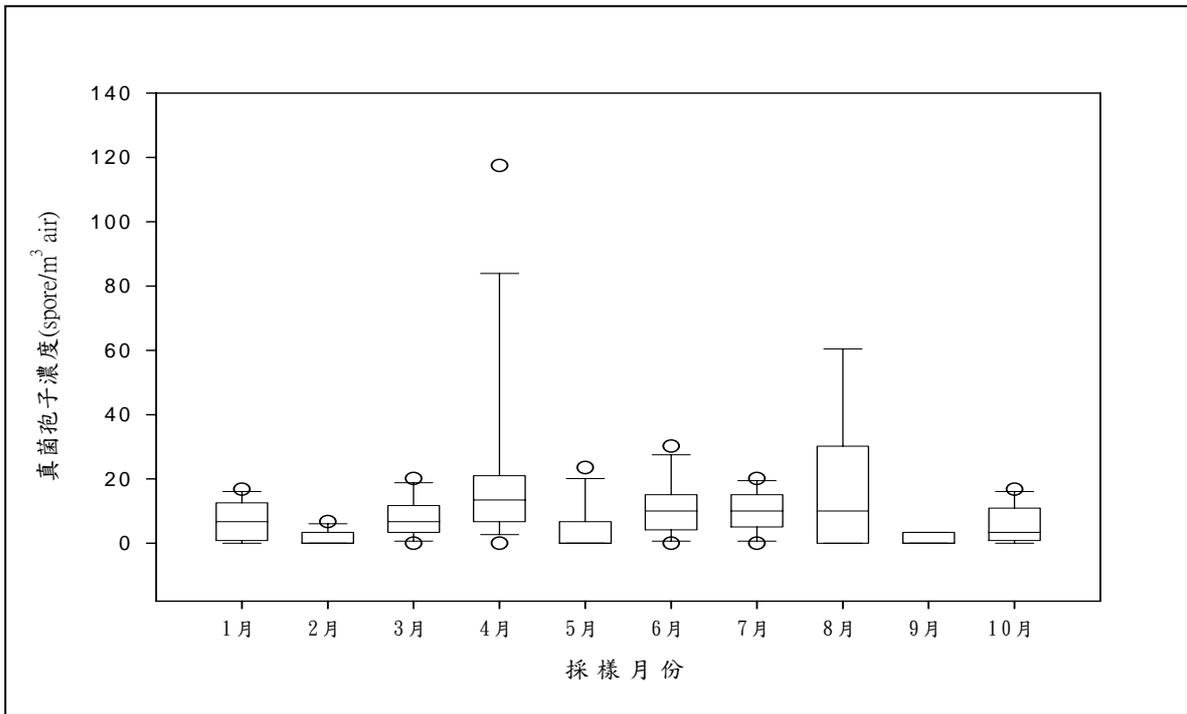
圖十四 2005 年 *Curvularia* 濃度分佈



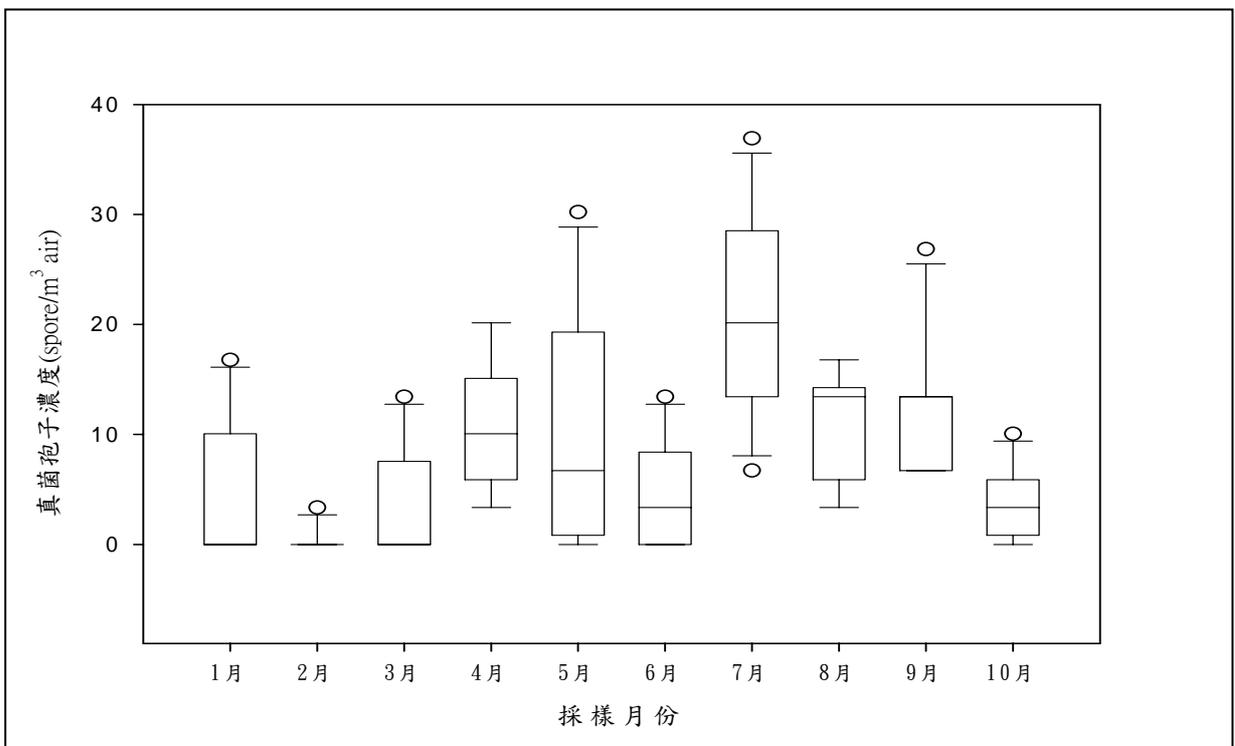
圖十五 2005 年 *Alternaria* 濃度分佈



圖十六 2005 年 *Periconia* 濃度分佈



圖十七 2005 年 *Torula* 濃度分佈



圖十八 2005 年 *Drechslera/Helminthosporium* 濃度分佈

表五為沙塵採樣期間(4/13~4/21)及前後月的平均真菌濃度。沙塵採樣期間又分為沙塵影響期間(4/13~4/17)及不確定期間(4/18~4/21)。不確定期間可能有受到沙塵的影響，也有可能是高壓迴流期間，因為沙塵事件過後常伴隨高壓迴流，造成污染物濃度升高。若比較沙塵採樣期間(4/13~4/21)與三及五月例行採樣結果，可以發現沙塵採樣期間濃度明顯較高的真菌種類為 *Alternaria* (交錯黴菌屬)、*Aspergillus/Penicillium* (麴菌/青黴菌屬)、*Arthrinium* (節菱孢屬)、*Basidiospores* (擔孢子)、*Cladosporium* (分枝孢子菌)、*Nigrospora* (黑色孢子黴菌屬)、*Oidium/Erysiphe* (粉孢菌/白粉菌)、*Peronospora* (霜霉病菌)、*Pithomyces* (鼓泡瘤座黴屬)、*Rusts* (銹病菌)、*Torula* (圓酵母)、*Unidentified fungi* 及總真菌孢子濃度。而 *Peronospora* (霜霉病菌) 及 *Rusts* (銹病菌) 只有出現在沙塵採樣期間。其中 *Aspergillus* 在 2004 年可培養性真菌的監測中，也發現於沙塵來襲期間濃度較高(趙及詹 2004)。在台南市的研究中發現，*Aspergillus/Penicillium*、*Arthrinium*、*Basidiospores*、*Nigrospora*、*Curvularia*、*Rusts*、*Stemphylium*、*Cercospora* 及 *Pithomyces* 在沙塵暴影響期間的濃度會顯著高於非沙塵期間(Wu et al. 2004)。在花蓮市的研究中則發現 *Alternaria*、*Arthrinium/Papularia*、*Botrytis*、*Cladosporium*、*Cercospora*、*Ganoderma* 及 *Periconia* 的濃度在沙塵暴影響期顯著高於非沙塵期間(Ho et al. 2005)。本計畫所觀察到在沙塵期間濃度較高之真菌，大多與此兩研究的結果相符。不過由於今年只有進行一波沙塵監測，沒有足夠的檢定力來評估是否這些差異有統計上的顯著意義，因此需要更長期的監測來完整評估沙塵對北台灣生物性微粒濃度與成份的影響，進而瞭解長程傳輸事件對民眾健康及生態環境的潛在危害。

表五 2005 沙塵期間前後真菌孢子種類及平均濃度<sup>1</sup>

Fungal Taxa	Sampling Date	沙塵監測 (4/13 ~ 4/21)			五月例行採樣
	三月例行 (3/24 ~ 3/31)	沙塵監測全程	4/13 ~ 4/17 <sup>2</sup>	4/18 ~ 4/21 <sup>3</sup>	(5/24 ~ 5/31)
<i>Alternaria</i>	3.84	13.42	12.75	14.26	3.84
Ascospores	202.78	331.10	174.50	526.85	898.37
<i>Aspergillus/Penicillium</i>	88.69	263.98	258.39	270.97	204.70
<i>Arthrimum</i>	15.34	27.59	34.90	18.46	15.82
Basidiospores	112.18	619.69	436.91	848.15	563.76
<i>Botrytis</i>	10.55	8.20	14.77	0.00	0.00
<i>Cladosporium</i>	400.29	1075.69	822.82	1391.78	139.98
<i>Curvularia</i>	0.96	7.83	4.03	12.58	29.24
<i>Drechslera/Helminthosporium</i>	3.36	10.81	8.05	14.26	10.07
<i>Fusarium</i>	10.55	11.19	10.07	12.58	12.46
<i>Nigrospora</i>	2.40	5.22	7.38	2.52	1.92
<i>Oidium/Erysiphe</i>	3.36	7.83	9.40	5.87	1.44
<i>Periconia</i>	9.11	9.32	13.42	4.19	7.67
<i>Peronospora</i>	0.00	8.58	11.41	5.03	0.00
<i>Pithomyces</i>	0.48	2.98	0.00	6.71	0.96
Rusts	0.00	2.98	5.37	0.00	0.00
Smuts	0.00	1.49	2.68	0.00	5.27
<i>Stemphylium</i>	0.48	0.75	0.67	0.84	0.48
<i>Torula</i>	7.67	24.24	9.40	42.79	5.27
<i>Tetraploa</i>	0.48	0.37	0.67	0.00	0.96
Unidentified fungi	35.47	52.57	49.66	56.21	25.41
<b>Total Fungi</b>	<b>907.96</b>	<b>2485.83</b>	<b>1887.25</b>	<b>3234.06</b>	<b>1928.09</b>

<sup>1</sup>真菌之濃度單位為spore/m<sup>3</sup> air。

<sup>2</sup>4/13 ~ 4/17 為可能的沙塵影響期間。

## 4.2 真菌過敏原及細菌內毒素監測結果

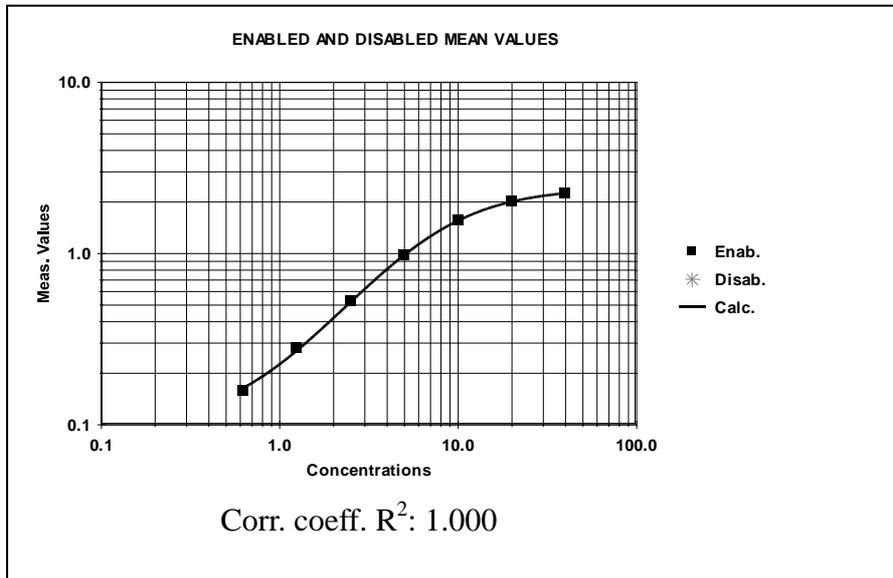
不同粒徑生物性微粒的密集採樣於八月起開始進行，預定連續採樣三個禮拜。由於採樣期間遇到颱風及採樣器送修等問題，因此最後一批採樣於十月底完成，共收集了一天、二天、及三天的樣本各三個（表六）。

表六 MOUDI 採樣日期

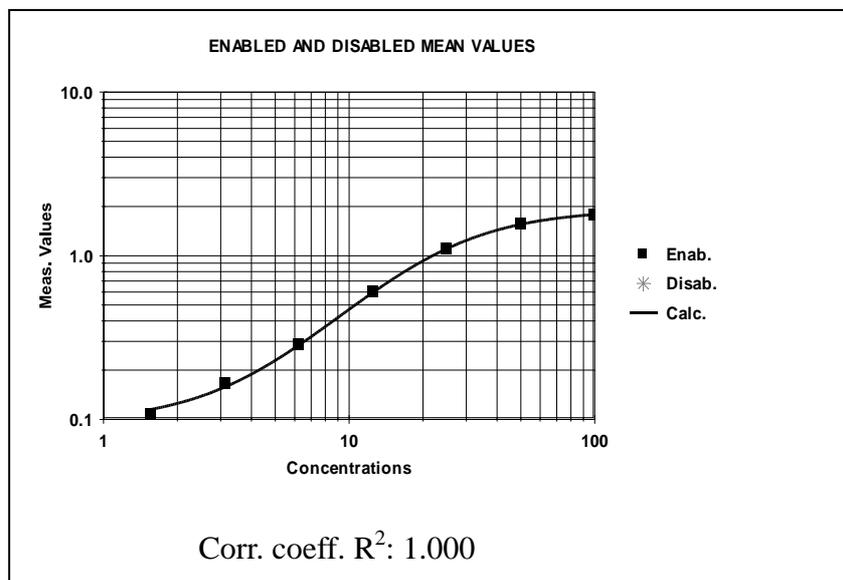
開始日期	結束日期	採樣天數
08/08/2005	08/10/2005	2 天
08/10/2005	08/11/2005	1 天
08/11/2005	08/12/2005	1 天
08/17/2005	08/19/2005	2 天
10/05/2005	10/08/2005	3 天
10/08/2005	10/11/2005	3 天
10/14/2005	10/16/2005	2 天
10/16/2005	10/19/2005	3 天
10/19/2005	10/20/2005	1 天

在分析方法建立方面，真菌過敏原 (*Alternaria*和*Aspergillus*) 及細菌內毒素的分析方法已測試完成 (圖十九)。針對不同粒徑( $PM_{>10}$ 、 $PM_{10-3.2}$ 、 $PM_{3.2-1}$ 、 $PM_{1-0.056}$ )一至三天樣本的分析，真菌過敏原及細菌內毒素的濃度皆低於偵測極限。因此我們合併部份樣本，進行四天及六天各粒徑之真菌過敏原及細菌內毒素分析，但濃度仍低於偵測極限。因此 95 年度計畫的採樣將改使用高流量採樣器，以避免濃度過低的問題發生。

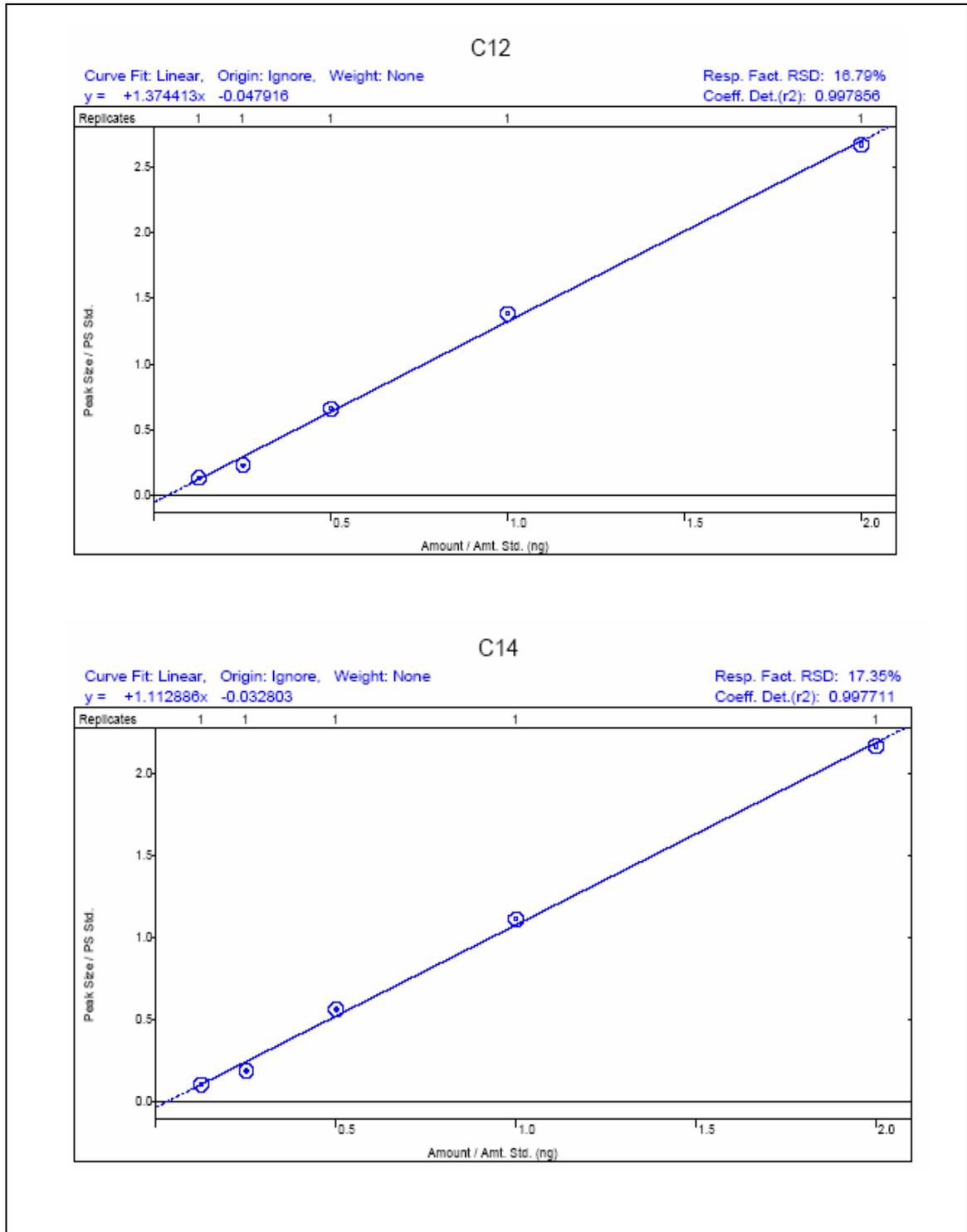
Asp f 1 檢量線



Alt a 1 檢量線



圖十九 真菌過敏原檢量線



圖二十 內毒素檢量線

### 4.3 生物性微粒與其他環境因子間的相關性

生物性微粒和氣象因子及空氣污染物間有複雜的相關性，我們利用多變項迴歸模式來評估其相關性。採樣期間新莊測站氣象因子和大氣污染物之分佈列於表七；總真菌孢子的迴歸模式列於表八。總真菌孢子濃度與大氣溫度及CO濃度有正相關，而與四天前的降雨量有負相關。在單變項迴歸中其實可以發現，總真菌孢子濃度與氣象因子及空氣污染物間有複雜的交互作用。總真菌孢子濃度與前一天的風速有負相關( $\beta = -0.0047$ ,  $p = 0.0195$ )，也就是前一天風速愈大，真菌濃度可能因風的稀釋作用而濃度降低。總真菌孢子濃度與PM<sub>2.5</sub>有顯著正相關( $\beta = 0.0326$ ,  $p = 0.0314$ )，與PM<sub>10</sub>的相關性也接近顯著( $\beta = 0.2959$ ,  $p = 0.0510$ )。此相關性的存在主要是因為真菌孢子為大氣中懸浮微粒的組成成份之一。在單變項迴歸與總真菌孢子濃度有顯著相關的大氣污染物除了CO外，還包括SO<sub>2</sub>、NO、NO<sub>2</sub>及NMHC (Non-methane Hydrocarbons)。另外值得注意的是，總真菌孢子濃度與多種污染物 5 天前的濃度有顯著相關，包括PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、CO、NO、NO<sub>2</sub>及NMHC，是否有特殊氣象或污染源因素造成此現象，需要進一步研究。由於大氣污染物彼此間有很強的相關性，因此在多變項迴歸中只有CO與總真菌孢子濃度有顯著相關。

表七 採樣期間新莊測站氣象因子和大氣污染物之分佈

環境因子	單位	平均數	標準差	最小值	最大值	中位數
PM <sub>10</sub>	μg/m <sup>3</sup>	43.03	23.38	9.71	112.75	36.34
PM <sub>2.5</sub>	μg/m <sup>3</sup>	29.54	16.42	9.17	72.42	26.40
SO <sub>2</sub>	ppb	7.75	4.31	2.47	20.16	7.08
CO	ppm	0.67	0.25	0.28	1.47	0.63
O <sub>3</sub>	ppb	27.93	10.16	10.59	55.30	26.72
NO <sub>x</sub>	ppb	31.46	12.99	14.05	69.15	29.40
NO	ppb	7.51	7.20	0.78	35.10	4.81
NO <sub>2</sub>	ppb	23.95	7.56	11.71	47.09	23.53
THC	ppm	3.16	0.34	2.75	4.31	3.06
NMHC	ppm	0.82	0.25	0.51	1.62	0.73
CH <sub>4</sub>	ppm	2.34	0.16	1.94	2.85	2.33
Wind Speed	m/sec	3.22	3.88	0.73	15.02	1.92
Temperature	°C	22.42	7.32	8.96	30.05	25.34
Relative Humidity	%	65.57	20.85	7.48	85.03	70.80
Rainfall	mm	0.27	0.58	0.00	2.50	0.00

表八 總真菌孢子濃度迴歸模式<sup>1</sup>

參數	$\beta$ 估計值	標準誤	t Value	Pr >  Z
截距	2.6295	0.1254	20.97	<.0001
溫度(°C)	0.0160	0.0040	3.99	0.0002
四天前的降雨量(mm)	-0.1230	0.05622	-2.19	0.0323
CO (ppm)	0.4060	0.1204	3.37	0.0013

<sup>1</sup> 真菌之濃度單位為spore/m<sup>3</sup> air。

## 第五章 主要建議意見及未來或後續執行建議

本計畫監測大台北都會區大氣中生物性微粒的組成成份及濃度變化，並評估生物性微粒與長程傳輸事件、氣象因子和空氣污染物間的相關性。根據現階段計畫結果，主要建議如下：

項次	主要建議意見及未來或後續執行建議	主協辦機關
1	<p>本子計畫 94 年度只有監測到一波微弱的沙塵，不過仍可以觀察到沙塵採樣期間有多種真菌濃度較三月及五月例行採樣期間為高，包括 <i>Alternaria</i> (交錯黴菌屬)、<i>Aspergillus/Penicillium</i> (麴菌/青黴菌屬)、<i>Arthrimum</i> (節菱孢屬)、<i>Basidiospores</i> (擔孢子)、<i>Cladosporium</i> (分枝孢子菌)、<i>Nigrospora</i> (黑色孢子黴菌屬)、<i>Oidium/Erysiphe</i> (粉孢菌/白粉菌)、<i>Peronospora</i> (霜霉病菌)、<i>Pithomyces</i> (鼓孢瘤座黴屬)、<i>Rusts</i> (銹病菌)、<i>Torula</i> (圓酵母)、<i>Unidentified fungi</i> 及總真菌孢子濃度；其中 <i>Peronospora</i> (霜霉病菌) 及 <i>Rusts</i> (銹病菌) 只有出現在沙塵採樣期間。因此長程傳輸事件很可能會影響我國大氣中生物性微粒的濃度及成份，因此需長期監測評估，進以瞭解對民眾健康及生態環境的衝擊。</p>	供環保署/永續會參考及各研究單位參考
2	<p>本子計畫研究結果發現，在多變項迴歸分析中，總真菌孢子濃度與溫度、降雨量及 CO 濃度有顯著相關，且在單變項迴歸分析中與多種空氣污染物有相關性。因此生物性微粒與氣象因子及空氣污染物間應有複雜且重要的相關性，未來在進行健康風險評估時應將上述因子同時納入考量，以釐清各因子的各別及共同作用。</p>	供各研究單位參考
3	<p>根據本子計畫測試結果發現，MOUDI 所採集一天至六天不同粒徑真菌過敏原及細菌內毒素樣本之濃度，皆低於偵測極限，因此在 95 年度大氣中生物性微粒之監測，將改用高流量採樣器，以避免樣本濃度過低之問題。</p>	本子計畫執行單位
4	<p>生物性微粒的長期變化應會受到氣候變遷及全球大氣污染所影響，因此建議以多年期的研究評估其趨勢變化，以及可能的生態及環境影響。</p>	供環保署/永續會參考及各研究單位參考
5	<p>生物性微粒在不同微粒粒徑中的成份及濃度並不一致，應長期監測以評估其特性、建立基線資料，並評估與大氣環境及民眾健康之相關性。</p>	供環保署/永續會參考及各研究單位參考

## 第六章 參考文獻

- ASHRAE, 2005a, "Indoor Environmental Health. ASHRAE Handbook 2002-2005", Owen, M.S. and Kennedy, H.E., Atlanta, GA, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).
- ASHRAE, 2005b, "Air Contaminants. ASHRAE Handbook 2002-2005", Owen, M.S. and Kennedy, H.E., Atlanta, GA, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).
- Burge, H.A. and Rogers, C.A., 2000, "Outdoor allergens", *Environ. Health Perspect.*, 108, 653-659.
- Cakmak, S., Dales, R.E., Burnett, R.T., Judek, S., Coates, F., Brook, J.R., 2002, "Effect of airborne allergens on emergency visits by children for conjunctivitis and rhinitis", *Lancet*, 359, 947-948.
- Chang, C.W., Chung, H., Huang, C.F., and Su, H.J., 2001, "Exposure of workers to airborne microorganisms in open-air swine houses", *Applied & Environmental Microbiology*, 67, 155-161.
- Chen, C.Y., and Chuang, C.Y., 1973, "The significance of fungi in the etiology of bronchial asthma in Taiwan", *Journal of the Formosan Medical Association*, 72, 47-56.
- Chen, S.H., and Huang, S.Y., 2000, "Aeropalynological study of Yangmingshan National Park, Taiwan", *Taiwania*, 45, 281-295.
- Chou, T.Y., Wu, K.Y., Shieh, C.C., and Wang, J.Y., 2002, "The clinical efficacy of in vitro allergen-specific IgE antibody test in the diagnosis of allergic children with asthma", *Acta Paediatrica Taiwanica*, 43, 35-39.
- D'Amato, G., Gentili, M., Russo, M., Mistrello, G., Saggese, M., Liccardi, G., et al., 1994, "Detection of *Parietaria judaica* airborne allergenic activity - comparison between immunochemical and morphological methods including clinical evaluation", *Clinical & Experimental Allergy*, 24, 566-574.
- Delfino, R.J., Coate, B.D., Zeiger, R.S., Seltzer, J.M., Street, D.H., Koutrakis, P., 1996, "Daily asthma severity in relation to personal ozone exposure and outdoor fungal spores", *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 154, 633-641.
- Fogelmark, B., Sjostrand, M., Rylander, R., 1994, "Pulmonary inflammation induced by repeated inhalations of beta(1,3)-D-glucan and endotoxin", *Int. J. Exp. Pathol.*, 75, 85-90.
- Gergen, P.J. and Turkeltaub, P.C., 1992, "The association of individual allergen reactivity with respiratory disease in a national sample: Data from the second national health and nutrition examination survey", 1976-80 (NHANES II), *J. Allergy Clin. Immunol.*, 90, 579-588.

- Guo, Y.L., Lin, Y.C., Sung, F.C., Huang, S.L., Ko, Y.C., Lai, J.S., et al., 1999, " Climate, traffic-related air pollutants, and asthma prevalence in middle-school children in Taiwan", *Environ. Health Perspect.*, 107, 1001-1006.
- Gyntelberg, F., Suadicani, P., Nielsen, J.W., Skov, P., Valbjorn, O., Nielsen, P.A., et al., 1994, " Dust and the sick building syndrome", *Indoor Air*, 4, 223-238.
- Han, S.H., and Chuang, Y.C., 1981, "Air-borne fungal spore counts in Taiwan", *Chinese Medical Journal*, 28, 193-196.
- Han, S.H., Chuang, Y.C., Hsiung, Y.M., Chao, H.Y., Chang, L.Y., 1981, " A follow-up survey on airborne fungal spore counts in the Taipei area", *Chinese Journal of Microbiology & Immunology*, 14, 213-221.
- Han, S.H., Hsieh, C.F., Tsai, L.C., and Chuang, Y.C., 1980a, "The pollinated plants and their pollens in the Taipei area", *Chinese Journal of Microbiology & Immunology*, 13, 174-200.
- Han, S.H., Hsiung, Y.M., Chao, H.Y., Chang, L.Y., Peng, C.K., Hsieh, C.F., and Chen, R.C., 1980b, "The fungi and their spores in the air in Taipei area", *Chinese Journal of Microbiology & Immunology*, 13, 309-330.
- Ho, H-M., 1996, " The outdoor fungal airpora in Hualien (I) - the agar plate method", *Taiwania*, 41, 67-80.
- Ho, H-M., Rao, C.Y., Hsu, H-H., Chiu, Y-S., Liu, C-M., Chao, H.J., 2005, " Characteristics and Determinants of Ambient Fungal Spores in Hualien, Taiwan", *Atmos. Environ.*, 39, 5839-5850.
- Huang, S.L., Cheng, W.L., Lee, C.T., Huang, H.C., Chan, C.C., 2002, " Contribution of endotoxin in macrophage cytokine response to ambient particles in vitro", *J. Toxicol. Environ. Health, A* 65, 1261-1272.
- Lehrer, S.B., Hughes, J.M., Altman, L.C., Bousquet, J., Davies, R.J., Gell, L. et al., 1994, "Prevalence of basidiomycete allergy in the USA and Europe and its relationship to allergic respiratory symptoms", *Allergy*, 49, 460-465.
- Lewis, S.A., Corden, J.M., Forster, G.E., Newlands, M., 2000, "Combined effects of aerobiological pollutants, chemical pollutants and meteorological conditions on asthma admissions and a & e attendances in Derbyshire UK, 1993-96", *Clinical & Experimental Allergy*, 30, 1724-1732.
- Li, L.F., Lin, M.C., Yang, C.T., Hiesh, M.J., Huang, C.C., See, L.C., and Tsao, T.C., 1999, "Comparison of indoor allergens, allergic scores, and demographic data in Taiwanese adults with asthma or allergic rhinitis, or both", *Journal of the Formosan Medical Association*, 98, 486-491.
- Li, C.S., and Hsu, L.Y., 1997, "Airborne fungus allergen in association with residential characteristics in atopic and control children in a subtropical region", *Archives of*

- Environmental Health, 52, 72-79.
- Li, C.S., and Kuo, Y.M., 1994, "Characteristics of airborne microfungi in subtropical homes", *Science of the Total Environment*, 155, 267-271.
- Lin, W.H. and Li, C.S., 2000, "Associations of fungal aerosols, air pollutants, and meteorological factors", *Aerosol Science & Technology*, 32, 359-368.
- Lu, Y.C., Tzeng, J.C., and Huang, S.G., 1969, "Air-borne fungi in Taipei city", *Chinese J. Microbiology*, 2, 102-111.
- Michel, O., 2000, "Systemic and local airways inflammatory response to endotoxin", *Toxicology*, 152, 25-30.
- Michel, O., Kips, J., Duchateau, J., Vertongen, F., Robert, L., Collet, H., et al., 1996, "Severity of asthma is related to endotoxin in house dust", *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 154, 1641-1646.
- Milton, D.K., 1999, "Endotoxin and other bacterial cell-wall components. Bioaerosols: Assessment and control", *J. Macher., Cincinnati, OH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)*, 23, 21-14.
- Monn, C., and Becker, S., 1999, "Cytotoxicity and induction of proinflammatory cytokines from human monocytes exposed to fine (PM<sub>2.5</sub>) and coarse particles (PM<sub>10-2.5</sub>) in outdoor and indoor Air", *Toxicology and Applied Pharmacology* 155, 245-252.
- Mueller-Anneling, L., Avol, E., Peters, J. M., Thorne, P. S., 2004, "Ambient Endotoxin Concentrations in PM<sub>10</sub> from Southern California ", *Environ. Health Perspect.* 112, 583-588.
- Neas, L.M., Dockery, D.W., Burge, H., Koutrakis, P., Speizer, FE., 1996, "Fungus spores, air pollutants, and other determinants of peak expiratory flow rate in children", *Am. J. Epidemiol.*, 143, 797-807.
- O'Hollaren, M.T., Yunginger, J.W., Offord, K.P., Somers, M.J., O'Connell, E.J., Ballard, D.J., and Sachs, M.I., 1991, "Exposure to an aeroallergen as a possible precipitating factor in respiratory arrest in young patients with asthma", *New England Journal of Medicine*, 324, 359-363.
- Olenchock, S.A., 1994, "Health effects of biological agents: The role of endotoxins", *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 9, 62-64.
- Patino, C.M. and Martinez, F.D., 2001, "Interactions between genes and environment in the development of asthma", *Allergy*, 56, 279-286.
- Pohl, O., 2003, "Disease dustup", *Sci. Am.*, 289, 18, 20.
- Reynolds, S.J., Black, D.W., Borin, S.S., Breuer, G., Burmeister, L.F., Fuortes, L.J., et al., 2001, "Indoor environmental quality in six commercial office buildings in the midwest United States", *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 16, 1065-1077.
- Ross, M.A., Curtis, L., Scheff, P.A., Hryhorczuk, D.O., Ramakrishnan, V., Wadden, R.A., et

- al., 2000, " Association of asthma symptoms and severity with indoor bioaerosols", *Allergy*, 55, 705-711.
- Stone, V., 2000, " Environmental Air Pollution", *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 162, S44-S47.
- Strannegard, O. and Strannegard, I.L., 2001, " The causes of the increasing prevalence of allergy: Is atopy a microbial deprivation disorder ", *Allergy*, 56, 91-102.
- Su, H.J., Wu, P.C., and Lin, C.Y., 2001a, "Fungal exposure of children at homes and schools: a health perspective", *Archives of Environmental Health*, 56, 144-149.
- Su, H.J., Wu, P.C., Chen, H.L., Lee, F.C., and Lin, L.L., 2001b, "Exposure assessment of indoor allergens, endotoxin, and airborne fungi for homes in southern Taiwan", *Environmental Research*, 85, 135-144.
- Su, H.J., Chen, H.L., Huang, C.F., Lin, C.Y., Li, F.C., and Milton, D.K., 2002, "Airborne fungi and endotoxin concentrations in different areas within textile plants in Taiwan: a 3-year study", *Environmental Research*, 89, 58-65.
- Taylor DA., 2002, " Dust in the wind", *Environ. Health Perspect.*, 110, A80-A87.
- Teeuw, K.B., Vandenbroucke-Grauls, CM., Verhoef, J., 1994, " Airborne gram-negative bacteria and endotoxin in sick building syndrome. A study in Dutch governmental office buildings", *Arch. Intern. Med.*, 154, 2339-2345.
- Tseng, H.Y., and Chen, Z.C., 1979, "The fungal air spora of Taipei as determined by the agar plate method", *Taiwania*, 24, 54-63.
- Wu, P.C., Tsai, J.C., Li, F.C., Lung, S.C., Su, H.J., 2004, " Increased levels of ambient fungal spores in Taiwan are associated with dust events from china", *Atmos. Environ.*, 38, 4879-4886.
- Wu, P.C., Su, H.J., Huang, C.F., Lin, C.Y., and Lee, C.C., 1998, "Airborne microbial and chemical exposure assessment in a hospital environment", *Chinese Journal of Public Health* 17, 93-102.
- Yang, KD., 2000, " Childhood asthma: Aspects of global environment, genetics and management", *Changeng Yi Xue Za Zhi*, 23, 641-661.
- Yeo, H.G. and Kim, J.H., 2002, " SPM and fungal spores in the ambient air of west Korea during the Asian dust (yellow sand) period", *Atmos. Environ.*, 36, 5437-5442.
- 陳瑞青，1995，"台灣地區主要城市上空過敏原菌類孢子相－第一年調查結果"，*科學發展月刊* 23: 17-24.
- 張東柱，陸偉，陳道，1983，"台北空中真菌相"，*國立台灣大學植物病蟲害* 十: 1-15.
- 趙馨，詹長權，2004，"台灣地區空氣長程傳輸中微粒微生物調查與健康效應評估計畫"，*行政院環保署*。

## 計畫成果自評

本子計畫之實際執行情形與原計劃內容一致，包括採樣頻率、分析方法等等。唯原定使用之高流量三道採樣器(Trichotomous Sampler)在評估後發現該採樣器用電量超過環保署微粒超級測站所能負荷，且噪音過大，會影響新莊運動公園的使用民眾，因此改用十階道微粒採樣器。計畫目標的達成狀況相當良好，詳細內容請參考下列表格。由於本子計畫的研究目標及成果為目前台灣及許多亞洲地區所缺乏，因此相當具有學術上的價值，我們會將研究結果發表於國際期刊，以提供給其他相關研究機構及學者做為參考。

本子計畫 94 年度目標與計畫實際執行狀況彙整如下：

94 年度計畫目標	與原計畫相符程度及達成情況	相關章節
1. 建立環保署微粒超級測站生物性微粒之監測及分析方法。	本子計畫於 94 年 1 至 10 月利用 Burkard 連續性孢子採樣器進行真菌孢子之收集與分析，並使用十階道微粒採樣器(MOUDI)進行三個星期各粒徑生物性微粒的採集。在生物性微粒的分析方法部份，我們建立真菌過敏原 ( <i>Alternaria</i> 和 <i>Aspergillus</i> ) 以及細菌內毒素(endotoxin) 的分析方法。由於大氣中生物性微粒濃度較低，因此在 95 年度計畫執行時將改用高流量採樣器進行各季節的密集採樣，以避免樣本濃度低於偵測極限的問題。	3.2 生物性微粒之監測與採集方法 4.1 真菌孢子監測結果 4.2 真菌過敏原及細菌內毒素監測結果
2. 監測台北都會區大氣中生物性微粒濃度變化，建立基線資料 (baseline data)。	本子計畫於 94 年 1 月至 10 月針對大氣中真菌孢子進行每月定期採樣，並進行鑑定及計數，提供大台北都會區真菌種類及濃度分佈的基線資料。	3.2 生物性微粒之監測與採集方法 4.1 真菌孢子監測結果
3. 配合其他子計畫，監測長程傳輸事件對生物性微粒濃度的影響。	針對李崇德教授團隊今年度所發佈沙塵預警(4月13日至4月22日)，本子計畫進行連續性的真菌孢子監測，並進行鑑定分析，以瞭解沙塵事件是否會影響大氣中真菌的種類與濃度。	3.2 生物性微粒之監測與採集方法 4.1 真菌孢子監測結果

94 年度計畫目標	與原計畫相符程度及達成情況	相關章節
4.提供其他子計畫生物性微粒資料，以評估不同性質微粒間之相關性、以及生物性微粒可能之健康風險。	本整合型計畫在總計畫主持人詹長權教授的統籌下，召開數次共同會議，以瞭解各計畫間可以統整的採樣策略，以及可以互相分享的資源及資料。本子計畫利用迴歸模式進行生物性微粒與不同性質微粒（e.g., PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> ）間相關性的初步評估，並提供其他子計畫生物性微粒之資料。	4.3 生物性微粒與其他環境因子間的相關性

## 附 錄

「94 年東亞沙塵暴觀測、預報作業」作業小組每日預報建議單

發布序號：056

時間：94 年 04 月 11 日 1700 時

作業單位：預報小組

主旨：東亞沙塵預測分析

說明：

一、目前作業階段

平常 階段		守視 階段	✓	警戒 階段		警報 階段		警報 解除	
----------	--	----------	---	----------	--	----------	--	----------	--

二、沙塵暴地面觀測：

根據4/8日地面氣象觀測資料顯示：內、外蒙及河套地區出現多站沙塵天氣，向東移動於4/9日23時經過華北地區，4/10日移至韓國，10日下午二時在長江流域出海口出現沙塵天氣，並持續至4/11日上午二時。4/11日上午二時至八時日本四國島出現沙塵天氣報告。台灣地區自4/10日起受鋒面通過影響，華南地區至台灣北部、東部地區天氣為陰陣雨。

三、沙塵暴預報模式分析：

(一) NTU 沙塵模式：4/14 日 19 時起台灣地區受沙塵影響，預估濃度 20 至 50 微克。

15 日 07 時預測濃度上升達 100 至 150 微克，此波沙塵預計將持續至 15 日 19 時。

(二) 日本模式：4/10 日午夜起沙塵逐漸接近台灣北部地區，4/13 日起影響範圍擴及台灣各地區預估濃度達 100 微克。

(三) 美軍模式：4/11 日凌晨沙塵逐漸接近台灣地區，預估濃度 20 至 50 微克。12 日晚間 20 時台灣地區脫離沙塵影響範圍。下一波於 14 日凌晨二時再度接近台灣北部地區，預估濃度達 80 微克。

四、小結：根據各沙塵模式預測資料顯示，台灣地區在 4/11 日至 4/12 日受第一波微弱沙塵影響。14 日起受第二波沙塵影響，預測在 15 日沙塵最高濃度可達 150 微克。

建議事項：目前作業處於守視階段。

預報人員	審核	副處長	處長
------	----	-----	----