

臺北醫學大學公共衛生學系碩士班

碩士論文

School of Public Health, Master Program

Taipei Medical University

Master Thesis

臺北地區大氣中生物性微粒之時空分佈及健康效應
Characteristics, Spatiotemporal Distributions and
Health Effects of Ambient Biological Particulates
in the Greater Taipei Area

研究生：李孟霏 撰

Graduate student: Meng-Fei Lee

指導老師：趙馨 教授

Advisor: Professor Hsing Jasmine Chao

中華民國九十九年七月

July 2010

臺北醫學大學公共衛生學系碩士班
碩士論文審定證明書

研究生姓名：李孟霏

論文題目：

台北地區大氣中生物性微粒之時空分布及健康效應
Characteristics, Spatiotemporal Distributions and
Health Effects of Ambient Biological Particulates in
the Greater Taipei Area

指導教授：趙馨

本論文經審查結果符合部頒碩士學位論文之規定

審查委員召集人：張立德
審查委員：葉錦雲
趙馨

中華民國 九十九年七月五日

致謝

南風又輕輕的吹送，窗外嫣紅的花朵染遍了整棵鳳凰樹，每到這個時節內心總有許多的惆悵及感動；在歡笑、淚水、汗水的交織中，兩年的光陰已匆匆流逝，而我已從一個懵懵懂懂的大學生，轉變成思想清晰，處事成熟的碩士生。回首這兩年的碩士生涯，心中離別的不捨遠勝於成長的喜悅，但更多的是訴不盡的感謝。

首先要感謝的是我的指導教授趙馨老師，老師總是如此的溫柔、有氣質，每當研究遇到困難和瓶頸時，老師總會不厭其煩、毫不保留的幫我解開心中的疑惑，也因為老師的教導、支持，才能讓我順利的完成研究論文，再加上老師的鼓勵，讓我比前更加的有自信，回首這兩年的研究歷程及成果，最感謝的人就是趙馨老師。此外也要感謝張立德及葉錦瑩老師百忙之中抽空擔任口委，給予我論文上的建議。更要感謝系上的每位老師給予我的教導及陪伴，像是葉老師除了給予我統計上的指導外，在那些熬夜做實驗的日子裡總與我相伴，以及小小莊老師，默默聽著我訴說眼前的難關，再用獨到的見解，撫平我眉間的皺摺，還有好多的老師給予我說不完的幫助。

再來，就是在實驗的日子裡協助我的夥伴了，謝謝你們不論在實質上或心靈上給我的支持。首先要謝謝鳳蓁，是這些日子來我心靈上很重要的支柱，感謝你的陪伴，還有辛苦的晏琦，總是對我們照顧有加，我永遠不會忘記那些在豔陽下揮汗如雨校正、採樣和颱風天拆裝機器的日子。感謝明君學姊、純華學姐、伯鑫學長等，在實驗上對我的指導，以及經驗上的傳承。還有邦誠、麥子學弟妹幫忙我實驗前的準備工作。此外，要特別感謝又榕、崔祥、凱歲、惠雯、郁璇、柏然、柚子、大麻還有念緯，謝謝你們陪我走過這有酸、有苦、有甜的兩年。最後感謝我家人的關心及包容，除了感謝，再也找不到更合適的話語了。

隨著論文的完成，我即將帶著豐碩的成果以及感恩的心情離開，而這兩年的磨練定能讓我邁向璀璨的未來，與一起奮鬥的同學們共勉之。

李孟霏 謹致於
臺北醫學大學公共衛生學系碩士班
中華民國九十九年七月

摘要

大氣中的生物性微粒遍及各處且其成分相當的複雜，包括真菌孢子、花粉、微生物、以及來自於生物體的碎片、毒素及廢棄物等等。大氣中的生物性微粒可能會誘發呼吸道發炎、導致過敏反應的產生，或是增加過敏的嚴重度。本研究在新莊及台北市進行長期採樣，監測大氣中生物性微粒，以瞭解其成份和濃度分佈特性，並評估可能的健康危害。

本研究監測的項目包括大氣中真菌孢子，以及粗(2.5-10 μm)、細($<2.5 \mu\text{m}$) 懸浮微粒中真菌過敏原(*Cl a h 1*)和內毒素濃度，使用的採樣儀器分別為Burkard 連續性孢子採樣器和高流量採樣器。在研究期間，真菌孢子於每月最後一週進行連續七天採樣，過敏原與內毒素則於每季進行兩週密集採樣。根據研究結果發現，新莊地區的總真菌孢子平均濃度為1725 spores/m³，台北市則為1628 spores/m³，其中優勢真菌為Ascospores(子囊孢子)、Basidiospores(擔孢子)、*Cladosporium* (分枝孢子菌)及*Aspergillus/Penicillium*(麴黴屬/青黴屬)。新莊地區真菌過敏原在粗、細微粒中的平均濃度分別為0.17 ng/m³及0.06 ng/m³；台北市則分別為0.23 ng/m³及0.08 ng/m³。新莊地區內毒素在粗、細微粒中的平均濃度分別為0.25EU/m³及0.14 EU/m³；台北市的平均濃度則分別為0.15 EU/m³及0.12 EU/m³。根據統計分析結果指出，真菌及內毒素濃度與多種空氣污染物(如PM₁₀、PM_{2.5}、NO₂及NO)有顯著的相關性；其他氣象因子如溫度、相對濕度、風速及降雨量與真菌及內毒素濃度也有顯著相關。根據多變項回歸分析結果發現，過敏性疾病就診人次與多種真菌孢子(如*Torula*、*Cladosporium*、*Stemphylium*、*Nigrospora*及Rusts)及環境因子(如溫度、風速、降雨量及PM_{2.5})有顯著相關。

本研究提供了大台北地區大氣中生物性微粒的特性及影響因子，並發現多種真菌孢子濃度增加會提高過敏性疾病的就診率。由於我國過敏性疾病的盛行率逐年上升，本研究的結果可以做為未來民眾避免過敏原暴露的參考，降低發病的風險以提升生活品質。

關鍵詞：空氣污染物、內毒素、真菌孢子、健康效應、戶外過敏原

Abstract

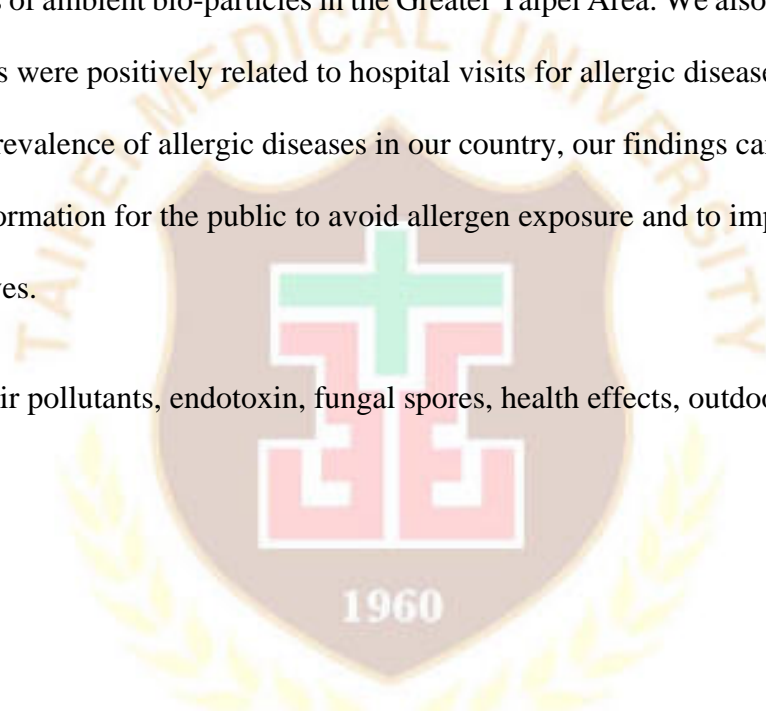
Biological particulates (bio-particles) are ubiquitous in ambient air and their composition is complex, including fungal spores, pollens, microorganisms, and fragments, toxins and particulate wastes originating from various organisms. Ambient bio-particles may induce respiratory tract inflammation, cause allergic reactions, or exacerbate allergic diseases. Therefore, we conducted a longitudinal monitoring study in Shin-Jhuang and Taipei city to examine the characteristics and health impacts of ambient bio-particles.

In this study, we monitored ambient fungal spores, and the levels of a fungal allergen (*Cla h 1*) and endotoxin in fine ($<2.5 \mu\text{m}$) and coarse ($2.5\text{-}10 \mu\text{m}$) particulates. Fungal spores and fine/coarse particulates were collected using a Burkard seven-day recording volumetric spore trap and a high volume sampler, respectively. During the study period, fungal spores were sampled in the last week of every month, and particulates were monitored continuously for two weeks every season. According to the results, the average concentrations of fungal spores in Shin-Jhuang and Taipei city were 1725 spores/m^3 and 1628 spores/m^3 , respectively. The predominant fungal taxa were Ascospores, Basidiospores, *Cladosporium*, and *Aspergillus/Penicillium*. In Shin-Jhuang, the average concentrations of *Cla h 1* in coarse and fine particles were 0.17 ng/m^3 and 0.06 ng/m^3 , respectively. In Taipei city, the average concentrations of *Cla h 1* were 0.23 ng/m^3 in coarse particles and 0.08 ng/m^3 in fine particles. The mean levels of endotoxin in coarse and fine particles in Shin-Jhuang were 0.25 EU/m^3 and 0.14 EU/m^3 , respectively. The mean levels of endotoxin in Taipei city were 0.15 EU/m^3 and 0.12 EU/m^3 in coarse and fine particles, respectively. According to statistical analyses, the levels of ambient fungi and endotoxin had significant

relationships with various air pollutants (e.g., PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ and NO) and meteorological factors (e.g., temperature, relative humidity, wind speed and rainfall). In multiple regressions, we found that hospital visits for allergic diseases were related to several fungal spores (i.e., *Torula*, *Cladosporium*, *Stemphylium*, *Nigrospora* and Rusts) and environmental parameters (e.g., temperature, wind speed, rainfall, and PM_{2.5}).

This study provides important information on the characteristics and the determinants of ambient bio-particles in the Greater Taipei Area. We also found several fungal spores were positively related to hospital visits for allergic diseases. With increasing prevalence of allergic diseases in our country, our findings can provide essential information for the public to avoid allergen exposure and to improve their quality of lives.

Keywords: air pollutants, endotoxin, fungal spores, health effects, outdoor allergen



目錄

第一章 前言.....	1
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究目的.....	3
第二章 文獻探討.....	4
第一節 真菌.....	4
第二節 細菌內毒素.....	13
第三章 材料與方法.....	16
第一節 研究架構.....	16
第二節 採樣地點.....	16
第三節 大氣中生物氣膠採集.....	17
第四節 樣本分析.....	20
第五節 氣象因子及大氣污染物資料.....	28
第六節 健康資料.....	28
第七節 統計分析.....	28
第四章 結果.....	30
第一節 真菌孢子.....	30
第二節 真菌過敏原.....	50
第三節 細菌內毒素.....	60
第四節 就診人次與真菌過敏原、內毒素濃度及環境因子間之相關性.....	65
第五章 討論.....	67

第一節	真菌.....	67
第二節	細菌內毒素.....	69
第三節	健康資料.....	70
第六章	結論.....	72
文獻	73
附錄	82



表目錄

表 2-1-1 真菌孢子與溫度間之相關性.....	10
表 2-1-2 真菌孢子與相對濕度間之相關性.....	11
表 2-1-3 真菌孢子與降雨之相關性.....	12
表 4-1-1 採樣期間真菌孢子出現頻率及濃度分佈 (單位: spores/m ³).....	33
表 4-1-2 採樣期間兩地區真菌孢子出現頻率、濃度分佈及差異(單位: spores/m ³)	34
表 4-1-3 真菌孢子採樣期間新莊地區及台北市氣象因子及大氣汙染物分佈.....	41
表 4-1-4 新莊地區總真菌孢子與大氣汙染物及氣象因子間之相關性.....	45
表 4-1-5 信義區總真菌孢子與大氣汙染物及氣象因子間之相關性.....	46
表 4-1-6 新莊地區總真菌孢子濃度多變項回歸模式.....	47
表 4-1-7 台北市信義區總真菌孢子濃度多變項回歸模式.....	47
表 4-1-8 新莊地區氣喘門診人次多變項回歸模式.....	48
表 4-1-9 新莊地區過敏性鼻炎門診人次多變項回歸模式.....	48
表 4-1-10 信義區過敏性結膜炎門診人次多變項回歸模式.....	49
表 4-1-11 信義區氣喘門診人次多變項回歸模式.....	49
表 4-1-12 信義區過敏性鼻炎門診人次多變項回歸模式.....	49
表 4-2-1 新莊地區及信義區過敏原濃度分佈.....	50
表 4-2-2 真菌過敏原及內毒素採樣期間氣象因子及大氣汙染物分佈.....	54
表 4-2-3 新莊地區真菌過敏原與大氣汙染物及氣象因子之相關性.....	58
表 4-2-4 台北市信義區真菌過敏原與大氣汙染物及氣象因子間之相關性.....	59

表 4-2-5 新莊地區粗微粒 <i>Cl a h 1</i> 濃度多變項回歸模式.....	59
表 4-2-6 台北市信義區粗微粒 <i>Cl a h 1</i> 濃度多變項回歸模式.....	59
表 4-3-1 2006-2008 新莊地區內毒素濃度分佈.....	60
表 4-3-2 新莊地區內毒素濃度與大氣汙染物及氣象因子間之相關性.....	63
表 4-3-3 台北市信義區內毒素濃度與大氣汙染物及氣象因子間之相關性.....	64
表 4-4-1 新莊地區氣喘門診人次多變項回歸模式.....	65
表 4-4-2 新莊地區過敏性鼻炎門診人次多變項回歸模式.....	65
表 4-4-3 新莊地區過敏性結膜炎門診人次多變項回歸模式.....	66
表 4-4-4 信義區氣喘門診人次多變項回歸模式.....	66



圖目錄

圖 3-2-2 北醫教研大樓頂樓.....	17
圖 3-2-1 新莊超級測站外觀.....	17
圖 3-3-2 轉輪外觀.....	19
圖 3-3-1 Burkard 連續性孢子採樣器.....	19
圖 3-3-4 細微粉塵分徑器.....	19
圖 3-3-3 高流量懸浮微粒採樣器.....	19
圖 4-1-1、採樣期間新莊地區及信義區總真菌孢子濃度季節變化.....	35
圖 4-1-2、採樣期間新莊地區及信義區 Ascospores 濃度季節變化.....	35
圖 4-1-3、採樣期間新莊地區及信義區 <i>Cladosporium</i> 濃度季節變化.....	36
圖 4-1-4、採樣期間新莊地區及信義區 Basidiospores 濃度季節變化.....	36
圖 4-1-5、採樣期間新莊地區及信義區 <i>Aspergillus/Penicillium</i> 濃度季節變化	37
圖 4-1-6 2005-2008 年春季新莊真菌孢子組成.....	38
圖 4-1-7 2005-2008 年夏季新莊真菌孢子組成.....	38
圖 4-1-9 2005-2008 年冬季新莊真菌孢子組成.....	38
圖 4-1-8 2005-2008 年秋季新莊真菌孢子組成.....	38
圖 4-1-11 2005-2009 年間夏季信義區真菌孢子組成.....	39
圖 4-1-10 2005-2009 年間春季信義區真菌孢子組成.....	39
圖 4-1-12 2005-2009 年秋季信義區真菌孢子組成.....	39

圖 4-1-13 2005-2009 年冬季信義區真菌孢子組成.....	39
圖 4-2-1 2006-2008 年新莊地區粗微粒($PM_{2.5-10}$) <i>Cl a h 1</i> 濃度分布.....	51
圖 4-2-2 2006-2008 年新莊地區細微粒($PM_{2.5}$) <i>Cl a h 1</i> 濃度分布.....	51
圖 4-2-3 2008-2009 年信義區粗微粒($PM_{2.5-10}$) <i>Cl a h 1</i> 濃度分布.....	52
圖 4-2-4 2008-2009 年信義區細微粒($PM_{2.5}$) <i>Cl a h 1</i> 濃度分布.....	52
圖 4-3-1 2006-2008 年新莊地區粗微粒($PM_{2.5-10}$) 內毒素濃度分布.....	61
圖 4-3-2 2006-2008 年新莊地區細微粒($PM_{2.5}$) 內毒素濃度分布.....	61
圖 4-3-3 2008-2009 年信義區粗微粒($PM_{2.5-10}$) 內毒素濃度分布.....	62
圖 4-3-4 2008-2009 年信義區細微粒($PM_{2.5}$) 內毒素濃度分布.....	62



第一章 前言

第一節 研究背景

空氣中的生物性微粒，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 (Burge and Rogers 2000; Douwes et al. 2003)，這些生物性微粒可能有致敏性、本身具有危害，或是攜帶有害物質 (Menetrez et al. 2007; Bauer et al. 2008)。人們暴露到室外生物性微粒會造成多種呼吸道健康的危害，可能會誘發呼吸道發炎，也可能導致過敏反應的產生或是增加過敏的嚴重度 (Zhong et al. 2006; Sykes et al. 2007; Le Goff et al. 2010)。然而在日常生活中，人類往往無法避免暴露到大氣中的生物性微粒，因此生物性微粒對人體的健康危害是一相當重要的公共衛生問題。

環境過敏原(例如：真菌、花粉、塵蟎)是導致氣喘和過敏性鼻炎的危險因子，過敏原暴露會使氣喘發病增加 (Inouye et al. 1985; Sporik et al. 1990; Gelber et al. 1993; Sarpong and Karrison 1998; Black et al. 2000; Wang et al. 2009)。真菌孢子是數目最多且最重要的戶外過敏原之一，許多真菌孢子種類為已知潛在的呼吸道疾病過敏原 (Green et al. 2003; Panaccione and Coyle 2005)。真菌孢子粒徑相當小且易於傳播，因此不論在室內和室外的環境中常有很高的濃度 (Aira et al. 2002)。真菌孢子粒徑範圍從 <2 至 $50 \mu\text{m}$ ，但通常以 2 至 $10 \mu\text{m}$ 的範圍居多，因而容易進入呼吸道造成過敏和呼吸道疾病 (Burge and Rogers 2000; Burge 2002)。人類透過呼吸持續暴露到空氣中的真菌，可能造成的健康危害，例如慢性支氣管炎、氣喘、真菌過敏、過敏反應、肺炎以及麩菌症 (Oliveira et al. 2005; Ceylan et al. 2006; El-Morsy 2006; Ozkara et al. 2007)。檢視地區的真菌分佈特性，可以幫助了解環境中真菌暴露與季節性

過敏疾病診斷及預防間的關係(Wu et al. 2000)。

內毒素為生物性微粒中造成健康危害最重要的成分之一。家中環境的內毒素濃度與呼吸道疾病的產生及惡化有顯著的相關性(Michel et al. 1996; Menetrez et al. 2007)。有研究指出內毒素為呼吸道疾病發展和進程最重要的因素；內毒素亦為農業和製造業工廠中的重要職業危害(Schwartz et al. 1995; Douwes et al. 2003; Menetrez et al. 2009)。關於內毒素環境監測的研究，主要為職場和家中室內的灰塵採樣，少有室外監測的文獻探討(Menetrez et al. 2001)。

生物性微粒常存在大氣中，幾乎所有季節都會出現(Troutt and Levetin 2001; Burch and Levetin 2002)。孢子的繁殖及散佈與氣象因子的變異有密切相關(Angulo-Romero et al. 1999; Sabariego et al. 2000; Oliveira et al. 2009)，其濃度亦會受到許多不同因素的影響，例如一天中的時間、季節、氣候以及植物種類等(Segvic and Pepeljnjak 2003; Hameed et al. 2007)。會影響戶外空氣中生物性微粒濃度及成份的大氣環境因素，包括溫度、濕度、降雨量、風速、風向等氣象因子(Burch and Levetin 2002; Levetin and Horner 2002)，以及臭氧、懸浮微粒、一氧化碳、一氧化氮、二氧化氮等空氣污染物(Dockery and Pope 1994; Tolbert et al. 2000)。過敏性疾病(如氣喘)的增加不僅和生物性微粒的暴露有關，也與其他環境因子間有重要的相關性(Katial et al. 1997; Angulo-Romero et al. 1999; Sabariego et al. 2000; Green et al. 2004; Oliveira et al. 2005; Ribeiro et al. 2005)。由於生物性微粒及其他環境因子間有複雜的交互作用，且皆與過敏性疾病有關，因此需要更進一步的研究來釐清這些環境因子個別及共同的健康效應(Ho et al. 2005; Sousa et al. 2008)。

在過去二十年中，全世界孩童氣喘盛行率逐年攀升，而台灣孩童的氣喘盛行率增加了 10 倍(Anderson et al. 2007; Pearce et al. 2007) (Tsuang et al. 2003; Tsai et al. 2006)。2002 年台北孩童的氣喘盛行率估計為 16.8%(台北市

政府衛生局)，高於 1985 年的 5.1%，且有持續增加的趨勢(Yan et al. 2005; Chan et al. 2009)。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，因此戶外生物性微粒的暴露問題相當值得關切。有超過 45%的氣喘兒童及 70%的氣喘成人對黴菌有過敏性反應(Hsieh and Shen 1988)，有鑑於此，長期監測大氣中生物性微粒成份之濃度變化情形及建立基線資料(baseline data)，對於進行相關健康評估相當重要。而我國目前並無完整的生物性微粒監測及健康危害評估資料，因此本研究進行長期監測，評估大氣中生物性微粒成份特性及健康危害。

第二節 研究目的

- 壹、了解大氣中真菌孢子的種類和濃度在不同季節及採樣地點的差異。
- 貳、調查大氣中真菌過敏原和細菌內毒素之濃度與粒徑分佈、其季節性變化，以及採樣地點的差異。
- 參、瞭解大台北地區大氣中真菌(孢子及過敏原)、細菌內毒素與環境因子間的相關性。
- 肆、評估大氣中真菌及內毒素濃度變化與過敏性疾病間的相關性。

第二章 文獻探討

第一節 真菌

壹、 特性

真菌 (fungus; eumycetes) 是具有真核和細胞壁的單細胞或多細胞生物。真菌種類繁多，已報導的菌屬達1萬種以上，菌種超過10萬個。真菌營養體除少數低等類型為單細胞外，大多是由纖細管狀菌絲構成的菌絲體。菌絲體不含葉綠素，無法行光合作用製造養分，通常將酵素分泌到體外，行胞外消化，將有機物質分解為小分子後，才加以吸收，以腐生、寄生或共生方式生存；大多數真菌菌屬於腐生，少部份為寄生(Kurup et al., 2000)。其細胞壁成份主要為幾丁質(chitin)、葡萄聚醣(β -glucans)、多醣類(polysaccharide)，少部份真菌含有纖維素(cellulose) (Burge and Rogers 2000; Burge 2002)。

早期的生物學家將真菌歸類在植物界；但近來被獨立區分出來，稱為真菌界(Horner et al., 1995)。在長期的演化過程中，大多數真菌依靠有性和無性兩種方式繁殖，它的有性孢子及其周圍結構是真菌分類的主要依據。依照有性生殖及孢子型態可將真菌分為四門：子囊菌門(Ascomycota)、擔子菌門(Basidiomycota)、接合菌門(Zygomycota)及壺菌門(Chytridiomycota)，若未發現有性生殖型態者則被歸類為不完全真菌 (Deuteromycetes)。

貳、 真菌孢子

許多研究顯示，真菌孢子的空間和時間分布在世界各地都不相同，也顯示真菌孢子數目及種類隨著一天中的時間而變化((Calderón et al. 1997)。鑑定真菌主要是利用孢子的型態、顏色及大小來辨別。孢子的形狀差異很大，有球形、圓形、橢圓形及紡錘形等；顏色從無色到黑色；大小從 <2 至 $>50 \mu\text{m}$ ，但是以 $2\sim 10 \mu\text{m}$ 居多(Bush 1989; Burge and Rogers 2000; Burge 2002)，如：*Aspergillus fumigatus*大小為 $2.5\sim 3.0 \mu\text{m}$ ，*Aspergillus niger*為 $3.5\sim 5.0 \mu\text{m}$ ，*Cladosporium*大小為 $2.0 \sim 6.0 \mu\text{m}$ ，*Penicillium brevicompactum* 為 $3.0\sim 4.5 \mu\text{m}$ ，*Trichoderma harizanum*為 $2.8\sim 3.2 \mu\text{m}$ 。一個在亞馬遜河區域進行的研究中，計算出真菌孢子平均佔了 PM_{10} 的35% (Elbert et al. 2007)。雖然普遍真菌孢子直徑大於 $2.6 \mu\text{m}$ (Lee et al. 2006)，且與大氣中粗微粒濃度有相關，較小的孢子及孢子碎片或是真菌菌絲也會出現在細微粒中(Fang et al. 2005; Cheng et al. 2008)。

在熱帶和亞熱帶較溫暖的地區，大氣中通常存在大量的微生物。在熱帶國家中，*Aspergillus*、*Penicillium*及 *Alternaria*為優勢真菌(Khan et al. 1999)，而在溫帶氣候區，*Cladosporium*為最常見的真菌(Sabariego et al. 2000; Kasprzyk and Worek 2006; O' Gorman and Fuller 2008; Oliveira et al. 2009)。一個在科威特進行的研究中觀察到在大氣中最主要的真菌為Ascospores，其次為 *Alternaria*、*Fusarium*及*Cladosporium*。在土耳其為期一年的研究中發現，*Alternaria*及 *Aspergillus/Penicillium*為室外空氣中的優勢真菌(Sen and Asan 2009)。在臺灣花蓮地區一個為期三年的大氣監測研究中發現，當地常見真菌為Ascospores、*Cladosporium*、*Ganoderma*（一種擔孢子）及 *Aspergillus/Penicillium*(Ho et al. 2005)。許多溫帶氣候區的國家發現 *Cladosporium*為當地最常見的真菌，像是波蘭的鄉村(Kasprzyk and Worek

2006)、愛爾蘭的首都都柏林(O' Gorman and Fuller 2008)、西班牙南部的格拉納達省(Sabariego et al. 2000)、葡萄牙北部(Sousa et al. 2008; Oliveira et al. 2009)及土耳其首都安卡拉(Sakiyan and Inceoglu 2003)。

參、 真菌過敏原

真菌孢子在大氣中為一恆存的成分，為空氣中主要的過敏原(Burch and Levetin 2002)。在過去20年中，大約有150種的真菌過敏原被辨認出(Simon-Nobbe et al. 2008)，其中暴露室內外的*Alternaria*、*Aspergillus*、*Cladosporium*及*Penicillium*常會對過敏體質的個體引起過敏反應(Kurup et al. 2000; Bush and Prochnau 2004; Denning et al. 2006)。

過敏原的成分為可溶性蛋白質、醣蛋白(glycoprotein)，或是碳水化合物，分子量通常介於5-100 kDa 之間。過敏原進入人體內後，會誘發免疫反應產生過敏性疾病(Green, 2005)。第一型過敏疾病像是過敏性鼻炎及氣喘發病，被認定是由環境過敏原所引發，這些過敏原通常為花粉、塵蟎及真菌微粒，並且難以避免接觸到(Gershwin 2003)。在濕熱的氣候中，*Alternaria*是空氣過敏原的主要來源，*Alternaria*孢子並被認定為鼻結膜炎症狀(Anderssen et al. 2003)以及氣喘起始和惡化之潛在危險因子(Karihaloo et al. 2002; Zureik et al. 2002)。*Aspergillus* 及*Penicillium* 的孢子為過敏性鼻炎和氣喘的原生性病原體，現已知出現混合的致過敏性(Moss 2005)。空氣中*Cladosporium herbarum* 的孢子，不論在室外或室內的環境中，都佔多數，在溫帶氣候中為優勢的孢子種類。在歐洲，雖然*Cladosporium*致敏性較低，但其孢子與成人的氣喘嚴重度有顯著相關(Jaakkola et al. 2006)。

肆、 影響真菌生長之因子

真菌濃度通常會呈現一個與氣象因子相關的明顯季節性週期變動(Jones and Harrison 2004; Basilico et al. 2007)。在亞熱帶氣候區，溫度及濕度為影響真菌生長最重要的因素(Liao et al. 2004; Liao and Luo 2005)。Liao等人的研究發現真菌濃度在夏季遠高於冬季(Liao et al. 2004)。真菌較喜歡生長在相對濕度70%的環境中，甚至高達80%(Garrett et al. 1998)。溫度、相對濕度及降雨量能影響不論室內或是室外之真菌孢子濃度。在許多研究中都有觀察到這些環境因子對真菌濃度所造成的影響，例如*Alternaria*、*Cladosporium*及*Epicoccum*與溫度呈正相關，與相對濕度及降雨量呈負相關(Sabariego et al. 2000; Sousa et al. 2008; Oliveira et al. 2009)。表2-1-1至表2-1-3分別彙整真菌孢子與溫度、相對濕度及降雨間相關性的文獻；

以下針對主要影響真菌濃度的環境因子進行探討：

一、 水分

水分是影響微生物生長的重要因素之一。水分的多寡會影響真菌體內的新陳代謝作用而直接影響生長。真菌學家將水分的可取得性稱為水活性(water activity, a_w)。根據真菌對於水份的需求情形，細分如下 (Burge and Otten, 1999)：

1. 嗜濕性真菌(Hydrophilic fungi)：生長在極潮濕的基質上， a_w 需高於0.90。
2. 嗜中性真菌(Mesophilic fungi)：生長在微濕的基質上， a_w 介於0.80~0.90。
3. 耐旱性真菌(Xerotolerant fungi)：可在乾燥的基質上繁殖， a_w 最低可 <0.80 ，但 >0.80 較理想。

4. 嗜旱性真菌(Xerophilic fungi):可在非常乾燥的基質上繁殖, a_w 需低於0.80。

二、 溫度

溫度對於真菌生長的影響可能是直接的,或是藉由水分的調控。溫度可以控制真菌內部的生化反應,進而改變真菌的生長速率。依照真菌適合生長的溫度細分如下 (Burge and Otten, 1999):

1. 嗜中溫菌 (Mesophiles): 大部分的真菌皆屬於嗜中溫菌,適合的生長溫度介於15 ~ 30°C之間。
2. 嗜冷菌 (Psychrophiles): 可生長在低於0°C以下的環境,若高於17°C則生長速率趨於平緩,如 *Acremonium psychrophilum*。
3. 耐冷菌 (Psychrotolerant fungi): 所需的最低溫度為15°C,但超過20°C 可生長良好,如 *Cladosporium herbarum*。
4. 嗜熱菌 (Thermophiles): 若低於20°C 則無法生長,一般生長的溫度範圍介於35°C~50°C之間,如 *Thermomyces* spp.。
5. 耐熱菌 (Thermotolerant fungi): 在18°C ~ 45°C 之間生長良好,如 *Aspergillus fumigatus*。

三、 降雨量

Levetin 和Horner在研究中陳述了降雨量影響乾(如 *Cladosporium*、*Alternaria*)、濕孢子(如basidiospores、ascospores)的機制。乾孢子通常出現在葉面,當雨打到葉面時會使孢子散播在空氣中,而在密集的下雨過後會促進basidiospores和ascospores的菌體成長,因此在高相對濕度的環境下,空氣中孢子的濃度也會隨之增加(Levetin and Horner 2002)。在開始降雨時, *Ustilago*

和 *Cladosporium* 等乾孢子在大氣中的濃度會稍微提高，乾孢子隨即被雨沖刷而降低濃度，但由於降雨使得大氣中濕度上升，促使 Ascospores 釋放，增加大氣中生物性微粒的濃度 (Lewis et al. 2000; Denning et al. 2006)。小雨能增加大氣中的濕度，進而促使真菌孢子的釋放，增加大氣中真菌孢子的濃度，雨勢過大反而會因沖刷作用，降低真菌孢子在大氣中的濃度，因此真菌濃度與降雨量間的相關性在不同研究中的結果亦不一致 (Burge and Rogers 2000; Chakraborty et al. 2001)。

四、 相對濕度

濕度與大多的真菌孢子呈現正相關 (Ho et al. 2005; Adhikari et al. 2006; Wu et al. 2007)，但是在台南的研究中則發現，濕度與 *Aspergillus/Penicillium* 成負相關 (Wu et al. 2004)。對於濕孢子 (Ascospores、Basidiospores) 而言，大氣中相對濕度的上升有助於濕孢子的釋放 (Das and Gupta-Bhattacharya 2008)，而濕度急遽的變化也會促使真菌孢子的釋放。多篇研究利用已控制的環境將相對濕度由高濕度遞減至低濕度時，發現會大量釋放出真菌孢子至環境中 (Leach et al. 1982; Gottwald et al. 1997; Timmer et al. 1998)。亦有研究指出真菌孢子在濕度範圍 60~70% 時，真菌濃度最高 (Lin and Li, 2000)。

表2-1-1 真菌孢子與溫度間之相關性

研究地點	正相關	負相關	參考文獻
葡萄牙	<i>Alternaria</i>		Oliveira et al., 2009
	<i>Cladosporium</i>		
	<i>Epicoccum</i>		
	<i>Ganoderma</i>		
	Smut		
土耳其 孟加拉, Madhyamgram	<i>Aspergillus</i>		Sen et al., 2009
	<i>Aspergillus</i>		
大台北地區	<i>Curvularia</i>		Wu et al., 2007
	<i>Penicillium</i>		
	Total fungi		
	<i>Aspergillus/Penicillium</i>		
	<i>Alternaria</i>		
美國, 辛辛那提	Ascospores		Adhikari et al., 2006
	Basidiospores		
	<i>Cladosporium</i>		
	Total fungi		
	<i>Alternaria</i>		
克羅埃西亞, Zagreb及Medvednica	<i>Alternaria</i>		Klaric and Pepeljnjak, 2006
	<i>Cladosporium</i>		
	Ascospores		
	<i>Arthrimum/Papularia</i>		
台灣, 花蓮	<i>Cladosporium</i>		Ho et al., 2005
	<i>Ganoderma</i>		
	Total Fungi		
	<i>Cladosporium</i>		
英國, 英格蘭與威爾斯 澳洲, 雪梨	<i>Cladosporium</i>		Hollins et al., 2004
	<i>Alternaria</i>		Stennett and Beggs, 2004
克羅埃西亞, Zagreb	<i>Alternaria</i>		Peternel et al., 2004
	<i>Cladosporium</i>		
	Total spore		
	<i>Cladosporium</i>		
澳洲, Melbourne	<i>Cladosporium</i>		Mitakakis et al., 2001
	<i>Alternaria</i>		
	<i>Alternaria</i>	<i>Ustilago</i>	
西班牙, Granada	<i>Cladosporium</i>		Sabariego et al., 2000
西班牙, Cordoba 科羅拉多州, 丹佛	<i>Alternaria</i>		Angulo-Romero et al., 1999
	<i>Cladosporium</i>		Katial et al., 1997
西班牙, Bada joz		<i>Coprinus</i>	Gonzalo et al., 1997
		<i>Ganoderma</i>	
		Rusts	
		Smuts	
		<i>Ustilago</i>	

表2-1-2 真菌孢子與相對濕度間之相關性

研究地點	正相關	負相關	參考文獻
葡萄牙		<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Epicoccum</i> Smut <i>Ustilago</i>	Oliveira et al., 2009
孟加拉， Madhyamgram	<i>Ganoderma</i>	<i>Cladosporium</i>	Das and Gupta-Bhattacharya 2008
美國，辛辛那提	Basidiospores		Adhikari et al., 2006
波蘭，Cracow	<i>Botrytis</i> <i>Epicoccum</i> <i>Pithomyces</i> <i>Ganoderma</i> <i>Polythrincium</i>	<i>Cladosporium</i> <i>Torula</i>	Stepalska and Wolek, 2005
台灣，花蓮	<i>Ascospores</i> <i>Cladosporium</i>	<i>Aspergillus/Penicillium</i>	Ho et al., 2005
台灣，台南	<i>Alternaria</i> Basidiospores <i>Periconia</i>	<i>Aspergillus/Penicillium</i>	Wu et al., 2004
西班牙，Granada	<i>Ustilago</i>	<i>Alternaria</i>	Sabariego et al., 2000
西班牙，León		<i>Cladosporium</i> <i>Alternaria</i>	Fernández et al., 1998
科羅拉多州，丹佛	<i>Cladosporium</i>	<i>Coprinus</i> <i>Ganoderma</i> Rusts Smuts <i>Ustilago</i>	Katial et al., 1997 Gonzalo et al., 1997
西班牙，Bada joz			

表2-1-3 真菌孢子與降雨之相關性

研究地點	正相關	負相關	參考文獻
葡萄牙		<i>Alternaria</i> <i>Cladosporium</i> <i>Epicoccum</i> Smut <i>Ustilago</i>	Oliveira et al., 2009
孟加拉，Madhyamgram	Ascospores Basidiospores <i>Chaetomium</i> <i>Curvularia</i> <i>Ganoderma</i>	<i>Cladosporium</i>	Das and Gupta-Bhattacharya 2008
波蘭，Cracow	<i>Cladosporium</i>	<i>Alternaria</i> <i>Epicoccum</i> <i>Pithomyces</i> <i>Stemphylium</i> <i>Torula</i> <i>Ganoderma</i>	Stepalska and Wolek, 2005
台灣，花蓮		Other fungi	Ho et al., 2005
英國，英格蘭與威爾斯		<i>Cladosporium</i>	Hollins et al., 2004
美國，Tulsa	Ascospores		Burch and Levetin, 2002
俄克拉荷馬州	Ascospores		Troutt and Levetin, 2001
西班牙，Granada		<i>Alternaria</i>	Sabariego et al., 2000
西班牙，Cordoba		<i>Alternaria</i>	Angulo-Romero et al., 1999
科羅拉多州，丹佛		<i>Cladosporium</i>	Katial et al., 1997
澳洲，Melbourne		<i>Cladosporium</i> <i>Alternaria</i>	Mitakakis et al., 1997

伍、 健康危害

真菌孢子在室外無所不在，而且通常是空氣中生物性微粒的主要成分(O' Gorman and Fuller 2008)。大部分的真菌直徑範圍為2-10 μm ，容易進入人類呼吸道，因此大氣中的真菌所引起的健康效應多以呼吸道過敏反應為主(Burge and Rogers, 2000)。

研究指出，能夠引起過敏症狀的閾值濃度估計 *Alternaria* 為100 spores/ m^3 ，*Cladosporium* 為3000 spores/ m^3 (Gravesen 1979)，而 *Aspergillus* 濃度高於50 CFU/ m^3 則與病態大樓症狀較高的盛行率有相關性(Lee and Jo 2005)。有報告顯示，超過80個屬的真菌會造成呼吸道敏，約有100種會導致人類和動物感染黴菌病，而有些則會造成植物疾病(Horner et al. 1995; Cvetnić and Pepeljnjak 1997)。其中 *Alternaria*、*Aspergillus*、*Cladosporium* 及 *Penicillium* 的暴露，不論在室內或室外容易使得過敏體質的族群產生過敏反應(Kurup et al. 2000; Bush and Prochnau 2004; Denning et al. 2006)。在真菌所導致過敏及呼吸道疾病方面，Targonski 等人發現氣喘導致死亡的風險和大氣真菌孢子濃度有相關性(Targonski et al. 1995)。Dales 等人的研究中發現，急診人數和真菌孢子濃度成顯著正相關(Dales et al. 2000)。

第二節 細菌內毒素

壹、 特性

內毒素 (Endotoxin) 是革蘭氏陰性細菌 (Gram negative bacteria, GNB) 外膜的構造(Rietschel and Brade 1992)，是由脂多醣 (lipopolysaccharides, LPS) 及蛋白質的複合物所構成(Omland 2002)。脂多糖由多糖O抗原 (O

polysaccharide or somatic antigen)、核心多糖 (R polysaccharide or coreantigen) 和 lipid A 組成。多糖 O 抗原向外，為脂多醣的親水性成份，亦為革蘭氏陰性菌的專一性菌體抗原；核心多糖由庚糖、半乳糖、2-keto-3-deoxyoctonic acid 等組成。Lipid A 是脂多醣的疏水性成份，由 3-hydroxy fatty acids (3-OH FAs) 組成，主要是碳數從 10 ~ 18 之碳鏈，連接於二醣脊柱之氫氧基和氨基，具有致熱作用，是革蘭氏陰性菌內毒素的毒性成分 (Sonesson et al. 1994)。

貳、健康效應

內毒素被認為是造成職場肺部疾病的一個重要危險因子 (Douwes et al. 1997)。在吸入內毒素實驗中，受體會產生的臨床反應為發燒、顫抖、關節痛、似感冒的症狀、白血球增多、氣喘症狀(乾咳、呼吸困難)、胸悶、支氣管阻塞、肺功能損傷及肺瀰散量下降 (Pernis et al., 1961; Castellan et al., 1987; Michel et al., 1992, 1996, 1997; Clapp et al., 1994; Jagielo et al., 1996; Michel, 1997; Thorn and Rylander et al., 1998b)。急性暴露內毒會引起血液和肺的發炎反應 (Michel et al. 1995)，造成呼吸道症狀，如發燒、冷顫和嚴重的氣喘 (Rylander et al. 1989)。在職場中慢性暴露高濃度內毒素，例如農業工廠，與發展成非過敏性慢性阻塞性肺病的風險有關 (Smid et al. 1992; Schwartz et al. 1995)。

雖然已有許多研究證實內毒素與呼吸道疾病間的相關性 (Douwes et al., 2002; Holla et al., 2002; Pirie et al., 2003; Park et al., 2006)，不過目前大多數的研究以職場中的健康危害為主。在這類的研究中顯示，內毒素暴露可能會造成急性和慢性呼吸道阻塞、呼吸道症狀(如氣喘、支氣管炎及棉肺

症之症狀)與呼吸道反應的增加(Kennedy et al., 1987; Milton et al., 1996; Douwes and Heederik, 1997)。不少研究中詳細呈現了暴露劑量效應，其中一個在馬鈴薯加工廠的研究指出，急性呼吸道阻塞在內毒素 $<50 \text{ EU/m}^3$ 時已非常明顯(Smid et al., 1992; Vogelzang et al., 1998; Zock et al., 1998)。室內空氣中的內毒素也與非特定性建築相關症狀(non-specific building related symptoms, BRS)有關(Rylander 2004)。幾個室內環境的研究顯示，在孩童與成人中，內毒素暴露與氣喘惡化有因果關係(Michel et al., 1996; Park et al., 2001)。

綜合以上的文獻，暴露到內毒素會使人體產生多種健康危害。大氣中含有低濃度的內毒素，是否會產生不良的影響，目前尚未有研究進行探討，因此有必要評估大氣中內毒素的濃度分佈以及可能健康風險。



第三章 材料與方法

第一節 研究架構

本研究在大台北地區新莊運動公園及台北市信義區分別進行大氣生物性成份監測，以建立背景資料、觀察季節變化及採樣地點的差異、了解其和氣象因子及空氣污染物間之相關性，並評估生物性微粒與健康危害間的相關性。健康資料為採樣地點鄰近醫院的過敏性疾病每日就診人次。

第二節 採樣地點

本研究的採樣地點分別位於台北縣新莊運動公園以及台北市信義區台北醫學大學。台北縣新莊運動公園設有環保署北部微粒超級測站，此超級測站於2002年正式開始運作，同時監測許多微粒污染物及氣象因子。本研究的採樣器設置於測站屋頂。測站位置鄰近中度交通流量之道路旁，在上下班時間車流量明顯增加，加上常舉辦各式活動(如園遊會、球賽等)，除了人潮的聚集也造成道路車流量增多，除了有交通污染之貢獻外，也有許多人為活動之污染產生。此外，在監測點之北方及西北方處，分別有五股工業區及林口台地石化廠，此二處亦為潛在之工業污染源(圖3-2-1)。台北醫學大學的採樣點設置於校園內一棟十層大樓頂樓，四周無緊鄰建築物遮蔽。採樣地點平時較少人員進出，也較少人為活動污染(圖3-2-2)。



圖 3-2-1 新莊超級測站外觀



圖 3-2-2 北醫教研大樓頂樓

第三節 大氣中生物氣膠採集

壹、 真菌孢子

大氣中真菌孢子是利用Burkard連續性孢子採樣器(Burkard Seven-Day Recording Volumetric Spore Trap, Burkard Manufacturing Co., Rickmansworth, England) (圖3-3-1)來採集。採樣器流量為10 LPM (liter/min)，空氣自2 mmx14 mm 的開口中抽入，進氣口至少高於地面1.5 m，轉輪的轉速為2mm/hour。每次採樣前都會進行流量校正。採樣前將塗有Lubriscal grease (A. H. Thomas, Inc., Philadelphia, PA, USA)的透明膠片(Melindex tape)固定於轉輪(圖3-3-2)表面後，再置於樣本貯存容器中帶至採樣點進行採樣。採樣完畢後，將轉輪放置專門之樣本貯存容器中立刻送回實驗室進行前處理及分析。

台北縣新莊地區真菌孢子的採樣期間為2005年1月至2008年12月，台北市信義區的採樣期間則為2007年5月至2009年7月，其中在本計畫期間進行的部份，台北縣、市分別為2008年5月至2008年12月及2008年5月至2009年7月，其餘部份則

是在先前的研究中進行(方盈禎 2006; 王明煌 2007; 陳伯鑫 2008)。在採樣期間，真菌孢子每個月月底進行為期一週的採樣。

貳、 懸浮微粒

本研究利用高流量懸浮微粒採樣器(PM-10)(Particulate Matter 10 Microns and less High Volume Air Sampler, Tisch Environmental, Inc., Ohio, USA)及細微粉塵分徑器(PM-2.5)(Hi-Vol PM 2.5 Sampler, Tisch Environmental, Inc., Ohio, USA) (圖3-3-3及圖3-3-4)分別採集粒徑為 $10 - 2.5 \mu\text{m}$ 及 $2.5 \mu\text{m}$ 以下之微粒，以針對不同粒徑懸浮微粒所含之生物性成份(真菌過敏原及細菌內毒素)進行分析。儀器的進氣口離地面約1.5 m，流量為40 CFM ($1.13 \text{ m}^3/\text{min}$)。

採樣前，石英濾紙(Quartz filter, Pall Corporation, NY, USA)先利用灰化爐 500°C 烘5小時，去除有機雜質，再以UV light進行2小時殺菌後，裝進乾淨夾鏈袋中攜至採樣地點進行微粒採集。採樣時， $14.3 \times 13.7 \text{ cm}^2$ 溝槽狀之石英濾紙(Quartz filter, Pall Corporation, NY, USA)用來採集 $\text{PM}_{10-2.5}$ (粗微粒)，而 $20.3 \times 25.4 \text{ cm}^2$ 之石英濾紙(Quartz filter, Pall Corporation, NY, USA)則用於採集 $\text{PM}_{2.5}$ (細微粒)。採樣完畢後將濾紙置於無菌夾鏈袋中，立即送回實驗室貯存於 -20°C 至分析前。

台北縣新莊地區的採樣期間為2006年5月~2008年12月，台北市信義區的採樣期間則為2008年5月~2009年8月。在採樣期間，每季進行兩週的懸浮微粒密集採樣，每24小時收集一組樣本。



圖 3-3-1 Burkard 連續性孢子採樣器

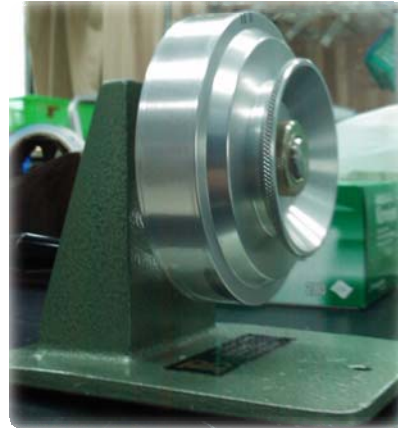


圖 3-3-2 轉輪外觀



圖 3-3-3 高流量懸浮微粒採樣器



圖 3-3-4 細微粉塵分徑器

第四節 樣本分析

壹、 真菌孢子

將採樣完畢之膠片從轉輪上取下，按採樣時間裁剪成七天份，每48mm 剪成一段代表24 小時（一天）的暴露，以10% Mowiol 將剪好之膠片固定在標示好日期的載玻片上，並使用Glycerin-jelly 染色後，再以光學顯微鏡於800 倍率下進行鑑定及計數。真菌孢子之鑑定是參考美國過敏、氣喘及免疫學會(American Academy of Allergy, Asthma & Immunology, AAAAI)的分類建議，所鑑定之真菌孢子種類包括下列24種：

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*，不屬於上述24 類者則歸類為unidentified spores。*Aspergillus/Penicillium*、*Drechslera/Helminthosporium* 及 *Oidium/Erysiphe* 因為在型態上很難區分，故合併成一類。

每日真菌孢子濃度的計算公式如下：

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

貳、 真菌過敏原

採樣完畢之濾紙在經過裁剪後，將部份濾紙利用PBS (Phosphate Buffered Saline)震盪萃取6 小時(130 rpm/min)後，使用凍乾機(Freeze Drying FDU-1200, EYELA Tokyo RikakikaiCo., LTD, Japan) 將萃取液凍乾成粉末狀，上機分析前再以去離子水還原成液狀進行分析。真菌過敏原的分析使用酵素連結免疫分析法 (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay, ELISA) 進行，分析的過敏原為 *Cladosporium herbarum* (*Cl a h 1*)。分析方法參考Indoor Biotechnologies Inc. 所提供的標準操作步驟 (附錄壹至參)，依序將抗原或抗體、標準品、樣本，加入96 孔盤 (NUNC, Apogent Technologies Inc., Denmark) 中，利用Multiskan Ascent ELISA reader (Thermo Electron Co., MA, USA) 在405 nm 之波長下讀取樣本和標準品的吸光值，依照標準品的吸光值及濃度製成檢量線，最後將讀取之吸光值利用檢量線推算出樣本濃度，再依照採樣器流量換算成採樣當天大氣中的濃度。濃度計算公式如下：

採樣當天過敏原濃度 (ng/m^3)：

$$= \frac{[C] \text{ ng/ml (ELISA分析結果)} \times 2 \text{ ml (還原萃取液量)}}{1.13(m^3/\text{min}) \times 60 \text{ min/hr} \times 24 \text{ hr (採樣期間之流量)} \times \text{分析濾紙比例}}$$

此過敏原的偵測極限(LOD)為0.039 ng/m^3 。

參、 細菌內毒素

將部份採樣完畢的濾紙以無熱原水(LAL Reagent Water, LRW) 震盪萃取6小時(220 rpm/min)，經前述凍乾程序後，將樣本保存於-20°C下，分析時再以無熱原水還原成液狀。內毒素是利用馬蹄蟹變形細胞溶解試驗分析法(Limulus Amebocyte Lysate, LAL)進行。試驗的進行是將定量的Pyrochrome(熱質呈色劑)加入樣本中，於37 °C下培養混合液，利用Multiskan Ascent ELISA reader (Thermo Electron Co., MA, USA) 在405 nm 之波長下讀取樣本和標準品的吸光值，依照標準品的吸光值及濃度製成檢量線，最後將讀取之吸光值利用檢量線推算出樣本濃度，再依照採樣器流量換算成採樣當天大氣中的濃度。濃度計算公式如下：

採樣當天過敏原濃度 (EU/m³) :

$$= \frac{[C] \text{ EU/ml (LAL分析結果)} \times 2 \text{ ml(還原萃取液量)}}{1.13(\text{m}^3/\text{min}) \times 60 \text{ min/hr} \times 24 \text{ hr(採樣期間之流量)} \times \text{分析濾紙比例}}$$

細菌內毒素標準品及分析套組是向Associates of Cape Cod, Inc. (MA, USA) 訂購。細菌內毒素在本研究中的最低偵測極限濃度為0.012 EU/m³。

肆、品質保證與控制

一、採樣過程

(一)、真菌孢子

將透明膠片 (Melinex tape) 固定於轉輪上時，所有工具器皿使用前皆須清潔消毒。每次採樣前以流量計校正Burkard連續性孢子採樣器之流量至10 LPM後再開始進行採集。

(二)、真菌過敏原及細菌內毒素

採樣前石英濾紙 (Quartz filter, Pall Corporation, NY, USA) 需先放入灰化爐以512°C 烘5 小時，去除有機雜質，再用UV 進行2 小時殺菌後，裝進無菌之乾淨夾鏈袋中，放至乾燥箱保存直到開始採樣。每次採樣會將裝有濾紙之乾淨夾鏈袋，從實驗室和要進行採樣之濾紙一起攜至採樣地點，於現場不進行採樣之濾紙，作為空白樣本(field blanks)，每三天需做一次空白樣本，空白樣本數目不得低於總樣本數之10%，以確保在運送過程及採樣過程沒有受到污染。採集後的樣本立即存放於-20°C 冷凍保存，避免在分析前有微生物生長影響結果。

高流量採樣器每次採樣前需進行流量校正，每採集兩季需更換馬達碳刷；每更換三次碳刷則需進行一次保養以及更換馬達，確保儀器運作品質。

二、樣本分析

(一)、真菌孢子

玻片樣本皆由一人進行鑑定，以避免人為造成之誤差(inter-person

variation)。鑑定時參考美國過敏、氣喘及免疫學會 (American Academy of Allergy, Asthma & Immunology, AAAAI) 分類圖鑑 (Muilenberg, 1999)、行政院農業委員會農業試驗所發行之台灣南部大氣真菌孢子圖鑑(行政院農業委員會農業試驗所, 2004), 以及Sampling and Identifying Allergenic Pollens and Moulds (Smith, 2000)。

(二)、真菌過敏原

所使用之pipettes 及天秤定期請廠商做校正, 以確保一致性、避免誤差產生。在ELISA 分析時, 留有兩個空白樣本, 以確保藥品和分析過程中沒有污染。檢量線為二重複 (duplicate), 且其相關係數須大於0.995 才可進行樣本濃度分析。

(三)、細菌內毒素

1. 內毒素標準品

內毒素標準品在還原後, 必須於五天內使用完畢, 以確保濃度與檢量線的穩定性。在配製標準品時, 使用有適當體積的pipette 來減少稀釋次數, 以達到最大的準確度。

2. 正向控制 (Positive controls)

如果內毒素標準品序列稀釋和positive product controls (正產品控制) 的製備方法不同, 則必須做positive control (一個單一標準內毒素濃度)。Positive control的內毒素濃度應該要等於檢量線中點的濃度值。若檢量線是由4、5 或6 次二倍稀釋標準內毒素所產生, 可以 4λ (λ 為內毒素標準序列稀釋中的最低濃度, 即偵測極限) 做為positive control 的濃度。

3. 正產品控制 (Positive product controls)

Positive product controls 為抑制/放大控制 (inhibition/enhancement controls)，是由添加內毒素標準品後的樣本或稀釋樣本所製成。測試樣本中所加入的內毒素的濃度應該與positive control 的內毒素濃度相同。每次測試中都有包含positive product controls。

4. 負向控制 (Negative Controls)

每個測試都用無熱原水做負向控制，確保分析盤未受汙染。

三、資料建檔

所有的資料建檔由兩位人員進行交叉比對，以避免建檔時產生的錯誤。

伍、試劑與藥品

(一)、真菌孢子

1. Glycerin jelly

20 g Gelatin

60 ml Glycerin

70 ml Distilled water

4 g Phenol



適量Phenosafranin

2. Lubri seal stopcock grease (A.H. Thomas Inc., Philadelphia, PA)
3. 70 % Ethanol
4. Mowiol

(二)、真菌過敏原

1. 過敏原之ELISA kit (Indoor biotechnologies Inc., VA, USA & Greer Laboratories Inc., NC, USA)

Clas h 1：包括Cladosporium Herbarum antigen XPM9-D3A2.5 及 anti-Cladosporium herbarum ZA-CH-01。以上皆冷藏於4°C。

2. 50 mM carbonate-bicarbonate buffer

Na_2CO_3

NaHCO_3

3. Phosphate buffered saline, containing 0.05% Tween 20 (PBS-T)

NaCl

KH_2PO_4

Na_2HPO_4

KCl

Thimerosal

Tween 20

4. 1mM ABTS in 70mM citrate-phosphate buffer

Anhydrous citric acid

Dibasic Na Phosphate·7H₂O

5. H₂O₂
6. anti-rabbit IgG
7. Streptavidin-Peroxidase
8. bovine serum albumin
9. 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt

(三)、細菌內毒素

1. Pyrochrome
2. Pyrochrome Reconstitution Buffer
3. Control Standard Endotoxin, (CSE)
4. Microplates
5. Parafilm M® (American National Can™)
6. LAL Reagent Water (LRW)
7. Nonpyrogenic test tubes (NUNC)

第五節 氣象因子及大氣污染物資料

每日氣象因子與大氣污染物資料由環保署網頁下載，包括：溫度、濕度、風速、風向、降雨量、大氣壓力、SO₂、O₃、CO、CO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、NO、NO₂、NMHC (non-methane hydrocarbons)、THC (total hydrocarbons)、CH₄ 等。新莊地區和台北市信義區的資料分別取自北部微粒超級測站及松山測站。

第六節 健康資料

本研究使用的健康資料，為採樣地點鄰近醫院過敏性疾病每日就診人次。在新莊地區，由於採樣地點附近未尋獲適當的配合醫院，因此新莊地區健康資料擷取自健保資料庫，項目為2005-2008年採樣期間每日門診人次。在台北市的配合研究醫院為國泰醫學中心，收集的健康資料項目為2007-2009年採樣期間過敏性疾病每日門診人次。本研究進行評估的過敏性疾病包括急性結膜炎(Acute conjunctivitis, ICD-9: 372.0)、過敏性鼻炎(Allergic rhinitis, ICD-9: 477)以及氣喘(Asthma, ICD-9: 493)等三種，疾病編碼是依據國際分類標準第九版(The Ninth Revision of International Classification of Diseases, ICD-9)進行。

第七節 統計分析

資料的建檔及分析使用Microsoft Excel、SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)及Sigma Plot 2000 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)。

利用描述性統計(平均值、中位數、標準差、最大及最小值)呈現大氣中真

菌孢子種類及濃度變化、真菌過敏原和內毒素的粒徑分布及季節變化，以及氣象因子及大氣汙染物濃度分佈。兩採樣地點之生物性微粒濃度差異，則利用 Wilcoxon Rank Sum Test 分析。

真菌孢子、過敏原及內毒素濃度與環境因子間之相關性，先利用 Spearman Correlation Coefficients 進行初步分析，再進一步利用多變項回歸模式(SAS Mixed Effects Model)進行評估，由於本研究之採樣為重複測量，故以 exponential correlation covariance model 調整其相關性。分析的變項為真菌（總真菌孢子、常見真菌及真菌過敏原）及內毒素，環境因子包括所有採樣當天及前1 ~ 5 天的空氣汙染物及氣象因子。由於真菌及內毒素的分布為右偏，因此在取對數後再進行多變項分析。

真菌及內毒素的健康效應則使用 Generalized Estimating Equations (GEE) 的 Poisson 模式進行分析，並控制其他干擾因子（如空氣汙染物、氣象因子、是否為假日等）的影響；重複測量的相關性則用 first-order autoregressive covariance model 控制。由於大氣環境因子對過敏性疾病的影響可能會有延遲效應，因此除就診當天的環境因子外，亦將就診前1 ~ 5 天的環境因子納入分析。

第四章 結果

第一節 真菌孢子

壹、 種類與濃度分佈

真菌孢子在新莊地區的採樣期間為2005年1月至2008年12月，共採集了371個樣本，在信義區的採樣期間為2007年5月至2009年7月，共採集了196個樣本。根據本研究結果顯示，台北地區大氣中終年皆有真菌孢子存在（表4-1-1及表4-1-2）。採樣期間大台北地區總真菌孢子平均濃度為1686 spores/m³，出現頻率在80%以上的真菌有Ascospores（頻率：99.78%，平均濃度：683.10 spores/m³）、*Cladosporium*（96.95%，371.56 spores/m³）、Basidiospores（96.51%，363.24 spores/m³）以及*Aspergillus/Penicillium*（86.49%，88.20 spores/m³）（表4-1-1）。將新莊地區和信義區分開統計，採樣期間新莊地區總真菌孢子平均濃度為1725 spores/m³，出現頻率在50%以上的真菌有Ascospores（頻率：100.00%，平均濃度：653.60 spores/m³）、*Cladosporium*（97.47%，412.27 spores/m³）、Basidiospores（96.03%，354.58 spores/m³）、*Aspergillus/Penicillium*（86.64%，111.21 spores/m³）、*Fusarium*（72.92%，17.23 spores/m³）、*Arthriniium*（63.54%，18.05 spores/m³）、*Curvularia*（61.37%，31.78 spores/m³）、*Periconia*（57.76%，8.54 spores/m³）、*Drechslera/Helminthosporium*（55.96%，6.53 spores/m³）及*Alternaria*（50.90%，5.04 spores/m³）；信義區總真菌孢子平均濃度為1628 spores/m³，出現頻在50%以上的真菌有Ascospores（99.45%，727.99 spores/m³）、Basidiospores（97.25%，376.43 spores/m³）、*Cladosporium*（96.15%，309.60 spores/m³）、*Aspergillus/Penicillium*（86.26%，53.18 spores/m³）、*Arthriniium*（73.63%，18.47 spores/m³）、*Periconia*（72.53%，12.00 spores/m³）、*Fusarium*（68.68%，17.07 spores/m³）、

Drechslera/Helminthosporium (58.79%, 5.84 spores/m³)、*Torula* (52.75%, 5.97 spores/m³)及*Peronospora* (51.10%, 10.99 spores/m³) (表4-1-2)。為了評估新莊和台北市真菌分佈的差異，在表4-1-2 中也比較了兩地各真菌濃度的差異。結果指出總真菌孢子、*Aspergillus/Penicillium*、*Curvularia*、*Alternaria*和Rusts的濃度在新莊顯著高於台北市信義區；*Peronospora*、*Botrytis*及*Epicoccum* 的濃度則在台北市信義區較高。

整體而言，大台北地區總真菌孢子濃度以夏季較高、冬季較低，有明顯的季節變化 (圖4-1-1)。個別觀察大台北地區優勢菌種濃度變化趨勢，發現 Ascospores、Basidiospores的濃度趨勢在採樣期間與總真菌孢子濃度趨勢相似，而*Cladosporium*的濃度趨勢除了夏季濃度較高外，冬季有時也會出現濃度高峰 (圖4-1-2至圖4-1-4)。 *Aspergillus/Penicillium*的濃度變化趨勢在新莊地區有明顯的季節變化，夏季較高，冬季較低，而在台北市也有觀察到夏季時濃度較高，冬季時濃度較低的情形，但較無明顯的季節變化 (圖4-1-5)。

圖4-1-6 至圖4-1-9為新莊地區春、夏、秋及冬季各類真菌之濃度組成百分比，圖4-1-10至圖4-1-13則為信義區四季各類真菌之濃度組成百分比。根據結果可以看到，新莊地區春季時Ascospores濃度佔總真菌濃度37%，其次為 Basidiospores (26%)、*Cladosporium* (23%)、*Aspergillus/Penicillium* (5%)、*Arthrinium* (1%)，其餘則佔5% (圖4-1-6)；夏季時Ascospores濃度佔總真菌濃度43%，其次為Basidiospores (25%)、*Cladosporium* (16%)、*Aspergillus/Penicillium* (7%)、*Curvularia* (3%)，其餘則佔4% (圖4-1-7)；秋季時Ascospores濃度佔總真菌濃度37%，其次為*Cladosporium* (23%)、Basidiospores (15%)、*Aspergillus/Penicillium* (8%)、*Oidium/Erysiphe* (5%)，其餘則佔7% (圖4-1-8)；冬季時*Cladosporium*濃度佔總真菌濃度52%，其次為Ascospores (24%)、Basidiospores (7%)、*Oidium/Erysiphe* (5%)、

Aspergillus/Penicillium (5%)，其餘則佔6% (圖4-1-9)。信義區春季時 Ascospores濃度佔總真菌濃度39%，其次為Basidiospores (26%)、*Cladosporium* (24%)、*Aspergillus/Penicillium* (3%)，其餘則佔6% (圖4-1-10)；夏季時 Ascospores濃度佔總真菌濃度50%，其次為Basidiospores (26%)、*Cladosporium* (13%)、*Aspergillus/Penicillium* (3%)、*Fusarium* (1%)，其餘則佔5% (圖4-1-11)；秋季時Ascospores濃度佔總真菌濃度47%，其次為Basidiospores (20%)、*Cladosporium* (13%)、*Aspergillus/Penicillium* (5%)、*Oidium/Erysiphe* (1%)，其餘則佔7% (圖4-1-12)；冬季時*Cladosporium*濃度佔總真菌濃度54%，其次為Ascospores (24%)、Basidiospores (5%)、*Arthrinium* (5%)、*Aspergillus/Penicillium* (3%)、*Fusarium*(1%)，其餘則佔5% (圖4-1-13)。



表4-1-1採樣期間真菌孢子出現頻率及濃度分佈（單位：spores/m³）

真菌分類	頻率(%)	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值
Ascospores	99.78	683.10	406.04	814.08	0.00	5057.05
<i>Cladosporium</i>	96.95	371.56	211.41	506.52	0.00	5429.53
Basidiospores	96.51	363.24	177.85	461.38	0.00	2711.41
<i>Aspergillus /Penicillium</i>	86.49	88.20	36.91	133.08	0.00	1248.32
<i>Fusarium</i>	71.24	17.17	6.71	30.85	0.00	342.28
<i>Arthrinium</i>	67.54	18.22	6.71	43.27	0.00	523.49
<i>Periconia</i>	63.62	9.91	3.36	14.54	0.00	110.74
<i>Drechslera/Helminthosporium</i>	57.08	6.26	3.36	12.23	0.00	130.87
<i>Torula</i>	47.93	5.80	0.00	10.27	0.00	80.54
<i>Curvularia</i>	46.41	19.72	0.00	75.33	0.00	1224.83
<i>Alternaria</i>	45.97	4.55	0.00	11.26	0.00	174.50
<i>Pithomyces</i>	39.22	3.12	0.00	6.46	0.00	73.83
<i>Peronospora</i>	37.25	6.96	0.00	16.86	0.00	137.58
<i>Botrytis</i>	35.95	8.42	0.00	17.86	0.00	157.72
<i>Oidium/Erysiphe</i>	30.07	21.27	0.00	148.41	0.00	2003.36
Smuts	18.30	3.64	0.00	12.40	0.00	124.16
<i>Nigrospora</i>	18.08	0.97	0.00	2.59	0.00	20.13
<i>Stemphylium</i>	17.65	0.94	0.00	2.92	0.00	40.27
Rusts	14.38	0.89	0.00	3.06	0.00	36.91
<i>Cercospora</i>	9.37	1.19	0.00	16.20	0.00	345.64
<i>Tetraploa</i>	7.19	0.26	0.00	0.98	0.00	6.71
<i>Ulocladium</i>	6.54	0.27	0.00	1.17	0.00	13.42
<i>Epicoccum</i>	3.70	0.16	0.00	0.90	0.00	10.07
<i>Polythrincium</i>	0.65	0.03	0.00	0.38	0.00	6.71
Others	87.80	51.23	33.56	54.21	0.00	469.80
Total	100.00	1686.35	1197.99	1589.76	53.69	10647.65

— 頻率為在總樣本數中該真菌出現之百分比。

表4-1-2 採樣期間兩地區真菌孢子出現頻率、濃度分佈及差異(單位：spores/m³)

真菌分類	新莊地區						信義區						p value*
	頻率(%)	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值	頻率(%)	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值	
Ascospores	100.00	653.60	416.11	724.95	3.36	5057.05	99.45	727.99	401.01	933.90	0.00	4855.70	0.4507
<i>Cladosporium</i>	97.47	412.27	214.77	576.36	0.00	5429.53	96.15	309.60	206.38	369.14	0.00	1852.35	0.0655
Basidiospores	96.03	354.58	201.34	427.57	0.00	2711.41	97.25	376.43	144.30	509.50	0.00	2627.52	0.2696
<i>Aspergillus/Penicillium</i>	86.64	111.21	53.69	157.91	0.00	1248.32	86.26	53.18	20.13	68.88	0.00	302.01	<.0001***
<i>Fusarium</i>	72.92	17.23	6.71	33.29	0.00	342.28	68.68	17.07	6.71	26.80	0.00	194.63	0.8704
<i>Arthrimum</i>	63.54	18.05	6.71	36.45	0.00	348.99	73.63	18.47	6.71	52.08	0.00	523.49	0.6014
<i>Curvularia</i>	61.37	31.78	3.36	95.08	0.00	1224.83	23.63	1.36	0.00	3.42	0.00	23.49	<.0001***
<i>Periconia</i>	57.76	8.54	3.36	12.20	0.00	110.74	72.53	12.00	6.71	17.34	0.00	104.03	0.0565
<i>Drechslera/Helminthosporium</i>	55.96	6.53	3.36	12.26	0.00	130.87	58.79	5.84	3.36	12.21	0.00	130.87	0.9347
<i>Alternaria</i>	50.90	5.04	3.36	9.15	0.00	77.18	38.46	3.80	0.00	13.86	0.00	174.50	0.0046**
<i>Torula</i>	44.77	5.68	0.00	10.62	0.00	80.54	52.75	5.97	3.36	9.73	0.00	63.76	0.2272
<i>Pithomyces</i>	41.88	3.63	0.00	7.45	0.00	73.83	35.16	2.34	0.00	4.48	0.00	26.85	0.0977
<i>Oidium/Erysiphe</i>	32.49	32.08	0.00	188.29	0.00	2003.36	26.37	4.83	0.00	34.94	0.00	463.09	0.0565
<i>Peronospora</i>	28.16	4.31	0.00	10.36	0.00	60.40	51.10	10.99	3.36	22.98	0.00	137.58	<.0001***
<i>Botrytis</i>	27.80	5.09	0.00	11.26	0.00	57.05	48.35	13.48	0.00	23.90	0.00	157.72	<.0001***
<i>Nigrospora</i>	18.41	0.99	0.00	2.69	0.00	20.13	17.58	0.94	0.00	2.43	0.00	13.42	0.8403
Rusts	16.97	1.14	0.00	3.63	0.00	36.91	10.44	0.52	0.00	1.86	0.00	16.78	0.0427*
Smuts	16.25	2.20	0.00	9.01	0.00	124.16	21.43	5.83	0.00	16.04	0.00	117.45	0.0797
<i>Stemphylium</i>	15.88	0.94	0.00	3.27	0.00	40.27	20.33	0.94	0.00	2.30	0.00	16.78	0.2698
<i>Cercospora</i>	9.03	1.65	0.00	20.81	0.00	345.64	9.89	0.50	0.00	1.75	0.00	13.42	0.7299
<i>Tetraploa</i>	8.66	0.31	0.00	1.06	0.00	6.71	4.95	0.18	0.00	0.84	0.00	6.71	0.1331
<i>Ulocladium</i>	7.58	0.34	0.00	1.39	0.00	13.42	4.95	0.17	0.00	0.73	0.00	3.36	0.2516
<i>Epicoccum</i>	1.81	0.08	0.00	0.72	0.00	10.07	6.59	0.28	0.00	1.11	0.00	6.71	0.0080**
<i>Polythrincium</i>	1.08	0.05	0.00	0.49	0.00	6.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1594
Others	81.23	48.58	30.20	58.52	0.00	469.80	97.80	55.28	43.62	46.76	0.00	211.41	0.2516
Total	100.00	1724.52	1208.05	1531.13	53.69	10647.65	100.00	1628.25	968.12	1677.71	53.69	8704.70	0.0351*

—* p < 0.05 ** p < 0.01 *** p < 0.001

—*Wilcoxon Rank Sum Test

—頻率為在總樣本數中該真菌出現之百分比

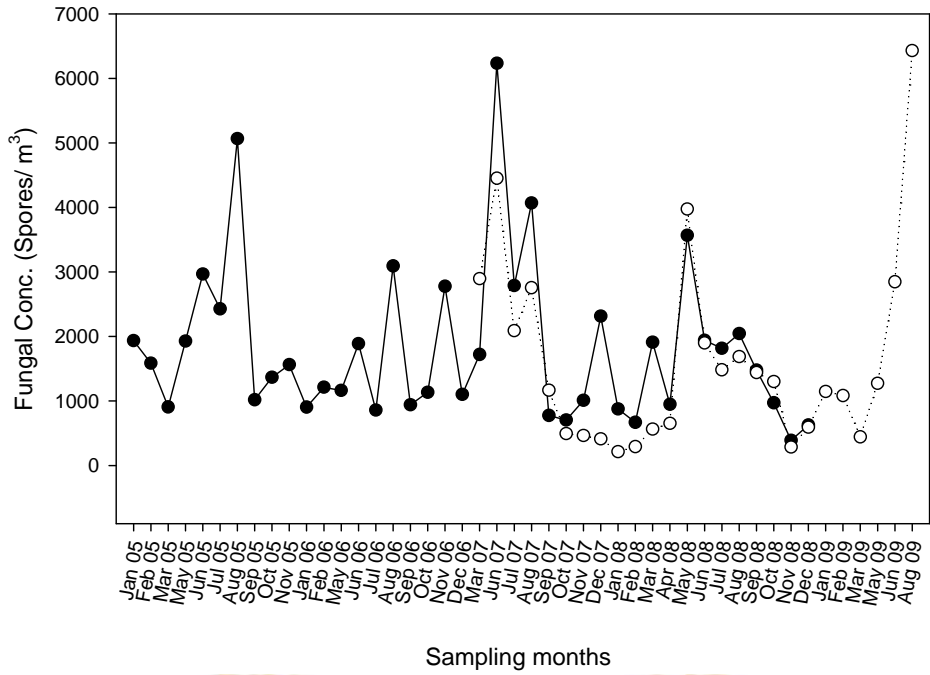


圖 4-1-1、採樣期間新莊地區及信義區總真菌孢子濃度季節變化

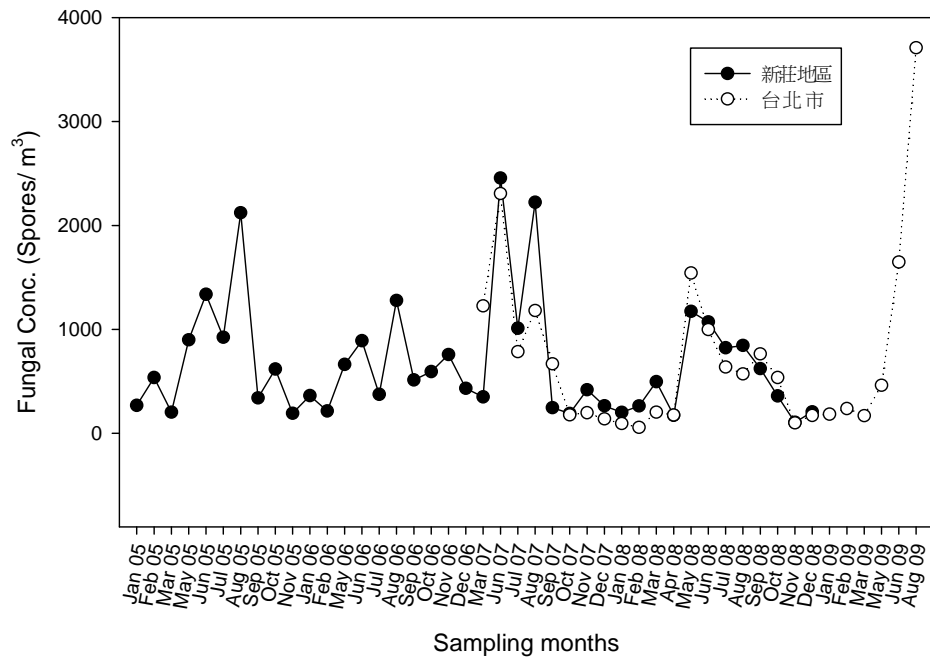


圖 4-1-2、採樣期間新莊地區及信義區 Ascospores 濃度季節變化

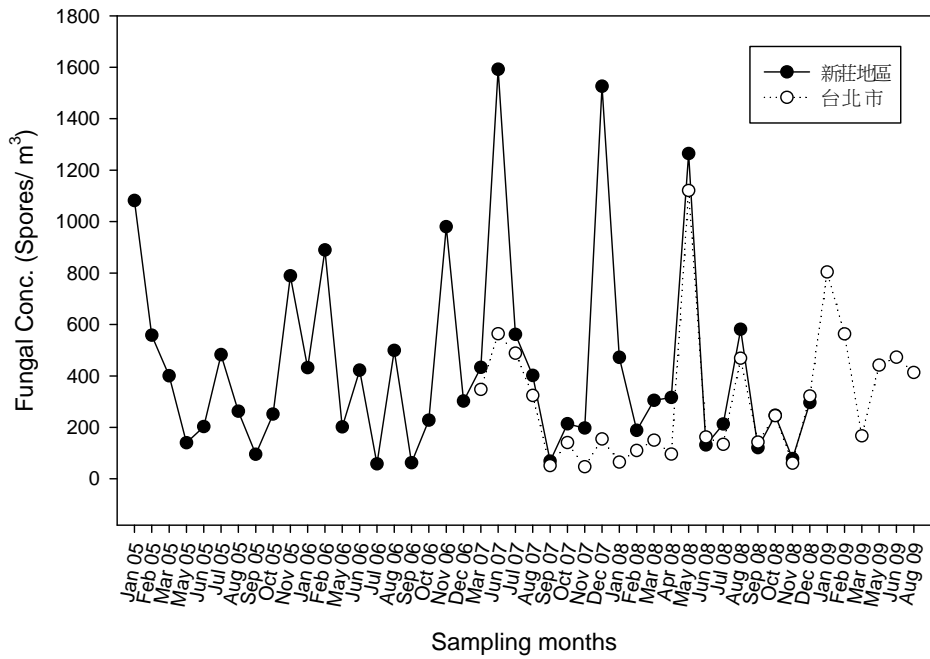


圖 4-1-3、採樣期間新莊地區及信義區 *Cladosporium* 濃度季節變化

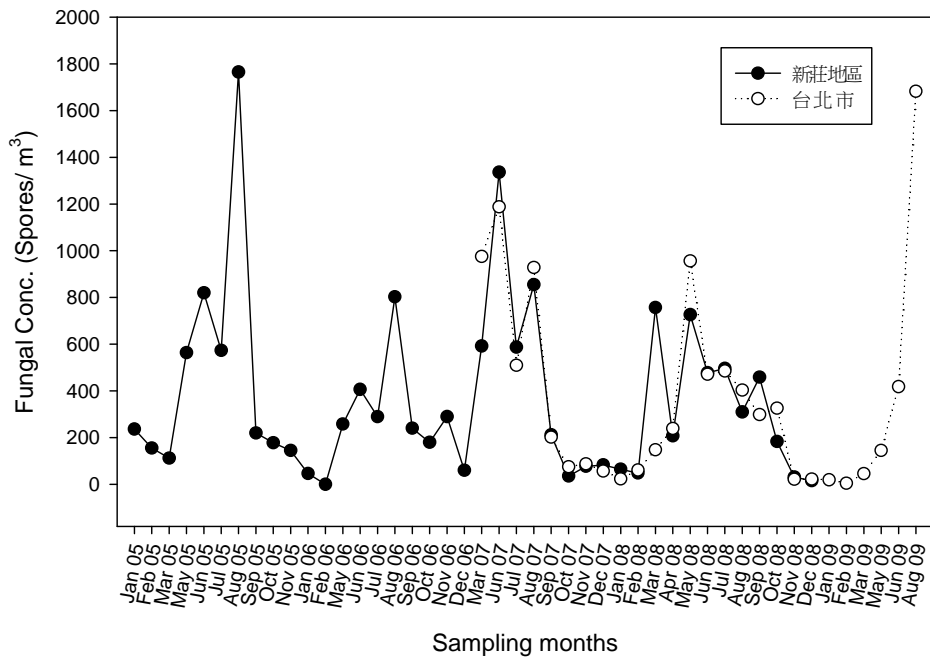


圖 4-1-4、採樣期間新莊地區及信義區 Basidiospores 濃度季節變化

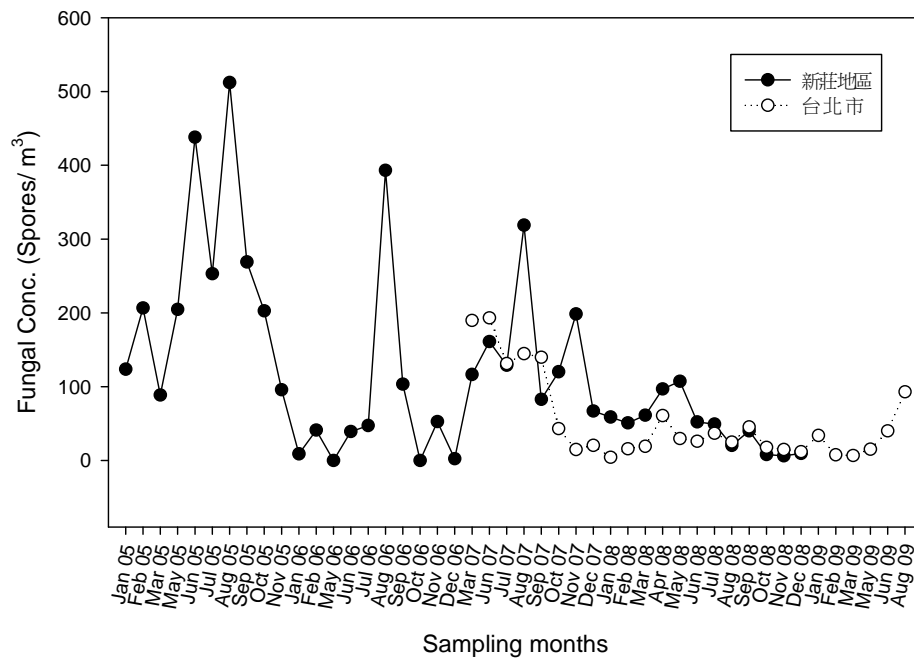


圖 4-1-5、採樣期間新莊地區及信義區 *Aspergillus/Penicillium* 濃度季節變化



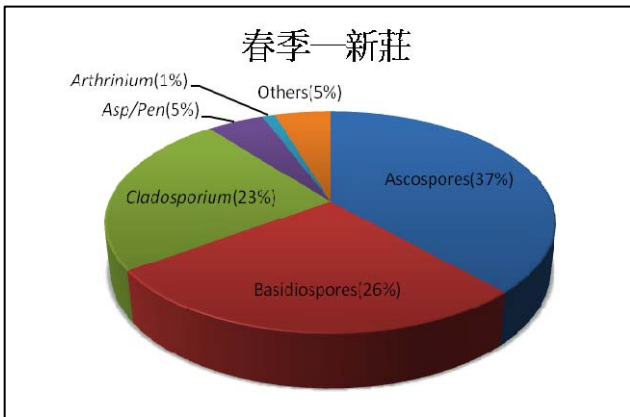


圖 4-1-6 2005-2008 年春季新莊真菌孢子組成

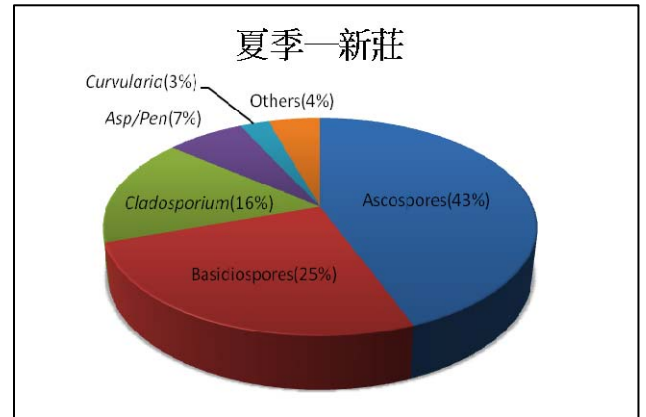


圖 4-1-7 2005-2008 年夏季新莊真菌孢子組成

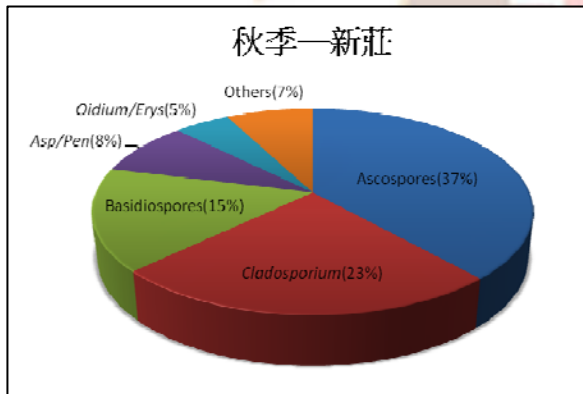


圖 4-1-8 2005-2008 年秋季新莊真菌孢子組成

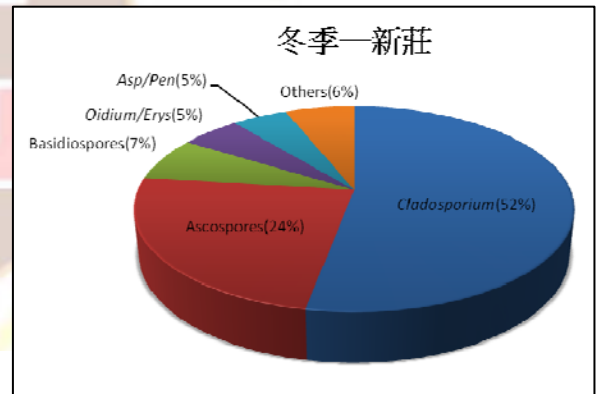


圖 4-1-9 2005-2008 年冬季新莊真菌孢子組成

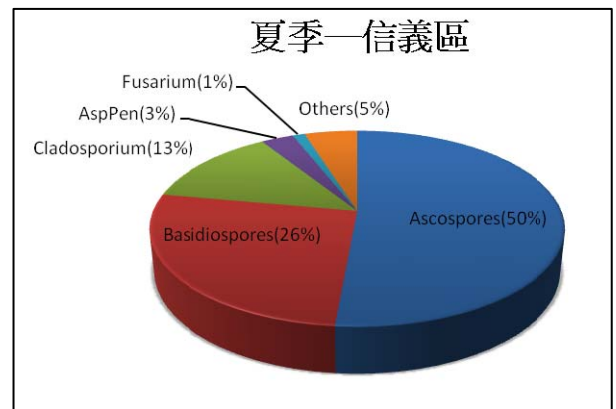
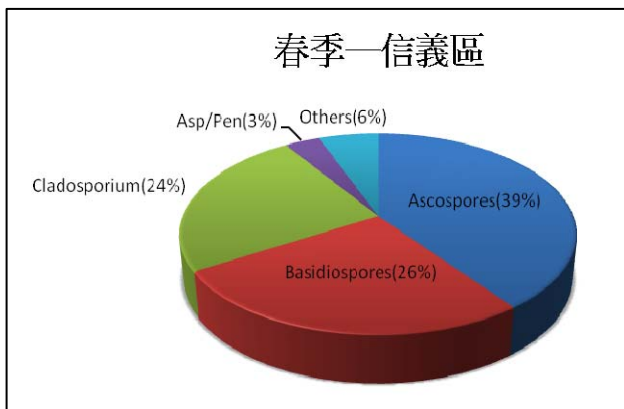


圖 4-1-10 2005-2009 年間春季信義區真菌孢子組成

圖 4-1-11 2005-2009 年間夏季信義區真菌孢子組成

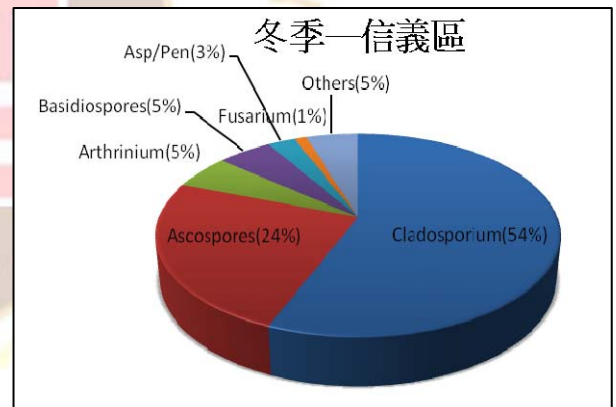
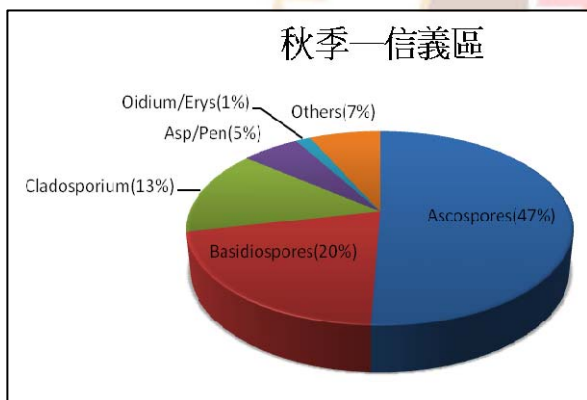


圖 4-1-12 2005-2009 年秋季信義區真菌孢子組成

圖 4-1-13 2005-2009 年冬季信義區真菌孢子組成

貳、真菌孢子與其他環境因子間的相關性

採樣期間當天及一到五天前大氣環境因子的分布情形列於表4-1-3，環境因子包括大氣污染物（PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、CO、臭氧、NO_x、NO、NO₂）及氣象因子（風速、溫度、降雨量、相對濕度）。

新莊地區及信義區總真菌孢子、四種常見真菌(Ascospores、Basidiospores、*Cladosporium*、*Aspergillus/Penicillium*)與環境因子間的相關性分別列於表 4-1-4 及表 4-1-5。不論在新莊地區或是台北市信義區，總真菌孢子及四種常見真菌濃度皆與大部分大氣污染物呈顯著正相關，大部分真菌也與溫度呈正相關，與風速呈負相關。

表 4-1-6 及表 4-1-7 為兩採樣地點總真菌孢子的多變項回歸模式。結果發現，新莊地區總真菌孢子濃度與溫度、五天前的相對濕度及一天前的 NO 濃度有顯著正相關(表 4-1-6)；台北市總真菌孢子濃度則與前一天的溫度呈正相關，與風速則呈負相關（表 4-1-7）

表4-1-3真菌孢子採樣期間新莊地區及台北市氣象因子及大氣污染物分佈

環境因子	單位	新莊地區					信義區				
		平均數	中位數	標準差	最小值	最大值	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值
PM ₁₀	μg/m ³	38.37	34.90	19.89	7.13	118.54	45.18	43.19	21.27	10.00	147.46
一天前的 PM ₁₀	μg/m ³	38.19	34.12	20.51	6.60	130.25	45.03	43.19	20.14	10.00	147.46
兩天前的 PM ₁₀	μg/m ³	39.37	34.82	21.06	6.60	130.25	46.62	43.65	20.51	10.00	147.46
三天前的 PM ₁₀	μg/m ³	40.37	35.73	21.17	6.60	130.25	48.09	44.79	21.20	10.00	147.46
四天前的 PM ₁₀	μg/m ³	40.18	35.74	21.29	5.70	130.25	49.07	45.42	21.71	10.00	147.46
五天前的 PM ₁₀	μg/m ³	40.21	35.82	21.63	5.70	130.25	50.04	45.92	23.19	12.00	147.46
PM _{2.5}	μg/m ³	25.69	21.99	14.57	5.39	85.40	29.18	28.15	14.48	7.38	103.79
一天前的 PM _{2.5}	μg/m ³	25.71	22.12	15.24	5.39	105.59	28.68	28.29	13.25	7.38	103.79
兩天前的 PM _{2.5}	μg/m ³	26.95	23.10	16.03	5.39	105.59	29.53	28.35	13.62	7.38	103.79
三天前的 PM _{2.5}	μg/m ³	27.80	24.04	16.05	6.05	105.59	30.10	29.36	13.83	7.38	103.79
四天前的 PM _{2.5}	μg/m ³	27.77	24.37	16.01	6.08	105.59	30.61	29.48	14.43	7.38	103.79
五天前的 PM _{2.5}	μg/m ³	27.92	24.37	16.13	6.27	105.59	31.07	29.21	14.96	8.83	103.79
SO ₂	ppb	6.76	5.46	4.18	1.52	20.50	4.22	3.90	1.84	1.23	10.72
一天前的 SO ₂	ppb	6.83	5.37	4.27	1.52	20.50	4.22	3.85	1.91	1.24	13.15
兩天前的 SO ₂	ppb	7.01	5.86	4.31	1.52	24.48	4.40	4.04	2.05	1.24	13.15
三天前的 SO ₂	ppb	7.17	6.10	4.36	1.58	24.48	4.41	4.05	2.06	1.01	13.15
四天前的 SO ₂	ppb	7.12	5.97	4.38	1.34	24.48	4.37	4.03	2.01	1.01	13.15
五天前的 SO ₂	ppb	6.84	5.80	4.19	1.34	24.48	4.42	4.03	1.99	1.01	13.15
CO	ppm	0.61	0.57	0.23	0.24	1.54	0.62	0.55	0.26	0.26	1.86

一天前的 CO	ppm	0.62	0.57	0.25	0.06	1.90	0.61	0.54	0.23	0.26	1.86
两天前的 CO	ppm	0.64	0.57	0.30	0.06	2.96	0.62	0.55	0.23	0.26	1.86
三天前的 CO	ppm	0.64	0.58	0.30	0.06	2.96	0.62	0.57	0.22	0.16	1.86
四天前的 CO	ppm	0.65	0.58	0.30	0.06	2.96	0.62	0.58	0.21	0.16	1.86
五天前的 CO	ppm	0.65	0.58	0.30	0.06	2.96	0.63	0.59	0.21	0.16	1.86
O ₃	ppb	27.02	26.56	9.39	6.40	60.21	-	-	-	-	-
一天前的 O ₃	ppb	27.06	26.90	9.68	6.40	60.21	-	-	-	-	-
两天前的 O ₃	ppb	26.98	25.67	10.40	6.40	81.43	-	-	-	-	-
三天前的 O ₃	ppb	27.09	25.67	10.51	6.02	81.43	-	-	-	-	-
四天前的 O ₃	ppb	27.33	26.31	10.66	6.02	81.43	-	-	-	-	-
五天前的 O ₃	ppb	27.36	25.82	10.93	6.02	81.43	-	-	-	-	-
NO _x	ppb	31.99	28.05	18.10	8.47	212.51	35.17	31.39	15.69	12.20	113.94
一天前的 NO _x	ppb	32.35	28.24	18.80	8.47	212.51	34.64	31.66	14.13	12.20	113.94
两天前的 NO _x	ppb	33.79	29.13	20.64	8.47	212.51	35.36	31.87	14.60	12.20	113.94
三天前的 NO _x	ppb	34.19	29.15	20.95	5.95	212.51	35.32	32.47	14.20	12.20	113.94
四天前的 NO _x	ppb	33.58	29.15	17.93	5.01	154.48	35.13	33.64	12.97	12.20	113.94
五天前的 NO _x	ppb	33.39	29.09	18.27	5.01	154.48	35.47	34.09	13.08	12.20	113.94
NO	ppb	8.55	5.81	9.10	0.69	68.52	10.37	8.57	7.82	1.37	48.21
一天前的 NO	ppb	8.99	5.88	10.20	0.69	68.52	10.13	8.65	7.20	1.37	48.21
两天前的 NO	ppb	9.90	6.35	11.82	0.98	95.36	10.47	8.71	7.46	1.37	48.21
三天前的 NO	ppb	10.08	6.40	12.20	0.98	95.36	10.31	8.71	7.17	1.37	48.21
四天前的 NO	ppb	9.95	6.40	11.78	0.68	95.36	10.05	8.71	6.54	1.37	48.21
五天前的 NO	ppb	9.99	5.95	12.31	0.68	95.36	10.36	8.80	6.81	1.37	48.21

NO ₂	ppb	22.99	22.31	9.56	4.54	117.02	24.79	24.16	9.52	5.46	65.73
一天前的 NO ₂	ppb	22.76	22.37	7.95	4.54	49.50	24.51	24.24	8.67	5.46	65.73
兩天前的 NO ₂	ppb	23.10	22.48	8.66	-10.66	59.12	24.89	24.29	8.79	5.46	65.73
三天前的 NO ₂	ppb	22.93	22.31	9.65	-39.83	59.12	25.01	24.41	8.68	6.80	65.73
四天前的 NO ₂	ppb	22.88	22.23	9.70	-39.83	59.12	25.08	24.80	8.36	6.80	65.73
五天前的 NO ₂	ppb	22.71	21.88	9.70	-29.17	59.12	25.10	24.80	8.41	6.80	65.73
風速	m/sec	2.10	1.97	0.80	0.73	4.70	2.06	2.00	0.60	0.92	4.00
一天前的風速	m/sec	2.10	1.93	0.82	0.79	4.70	2.06	2.01	0.59	1.03	4.00
兩天前的風速	m/sec	2.07	1.91	0.83	0.79	4.70	2.04	2.00	0.59	1.03	4.00
三天前的風速	m/sec	2.08	1.87	0.85	0.70	5.32	2.05	1.96	0.63	1.03	4.91
四天前的風速	m/sec	2.08	1.85	0.89	0.70	6.28	2.06	1.92	0.69	1.04	5.65
五天前的風速	m/sec	2.09	1.95	0.87	0.70	6.28	2.07	1.93	0.70	1.03	5.65
溫度	°C	23.77	24.70	5.45	11.67	31.48	23.95	25.16	5.67	10.69	31.33
一天前的溫度	°C	23.90	24.70	5.23	11.67	31.46	24.02	25.16	5.62	10.69	31.33
兩天前的溫度	°C	23.95	24.81	5.09	11.67	31.97	24.04	25.24	5.55	10.69	32.15
三天前的溫度	°C	23.95	24.51	5.01	12.00	31.98	24.06	25.24	5.43	10.69	32.69
四天前的溫度	°C	23.88	24.45	4.95	13.08	31.98	24.09	25.23	5.33	10.69	32.69
五天前的溫度	°C	23.83	24.51	5.01	9.78	32.27	24.17	25.23	5.22	10.69	32.82
降雨量	mm	0.21	0.00	0.48	0.00	2.51	0.57	0.00	1.37	0.00	9.70
一天前的降雨量	mm	0.21	0.00	0.48	0.00	2.51	0.73	0.00	2.03	0.00	15.53
兩天前的降雨量	mm	0.20	0.00	0.46	0.00	2.51	0.84	0.00	2.33	0.00	15.53
三天前的降雨量	mm	0.20	0.00	0.52	0.00	4.78	0.99	0.00	2.55	0.00	15.53
四天前的降雨量	mm	0.20	0.00	0.52	0.00	4.78	1.06	0.00	2.66	0.00	15.53

五天前的降雨量	mm	0.19	0.00	0.52	0.00	4.78	1.08	0.01	2.68	0.00	15.53
相對濕度	%	73.18	73.23	8.46	46.16	90.70	74.21	73.96	9.77	42.46	93.35
一天前的相對濕度	%	73.03	73.17	8.29	46.16	90.70	74.22	74.42	9.42	42.46	92.73
兩天前的相對濕度	%	73.01	73.02	8.02	46.16	90.70	74.39	75.39	9.23	42.46	94.14
三天前的相對濕度	%	72.83	73.00	7.92	46.16	91.97	73.91	75.06	10.08	21.88	94.14
四天前的相對濕度	%	72.76	73.02	8.00	46.16	92.15	73.56	75.27	10.54	21.88	94.14
五天前的相對濕度	%	72.60	72.85	8.07	46.34	92.15	73.03	75.41	11.54	15.78	94.14

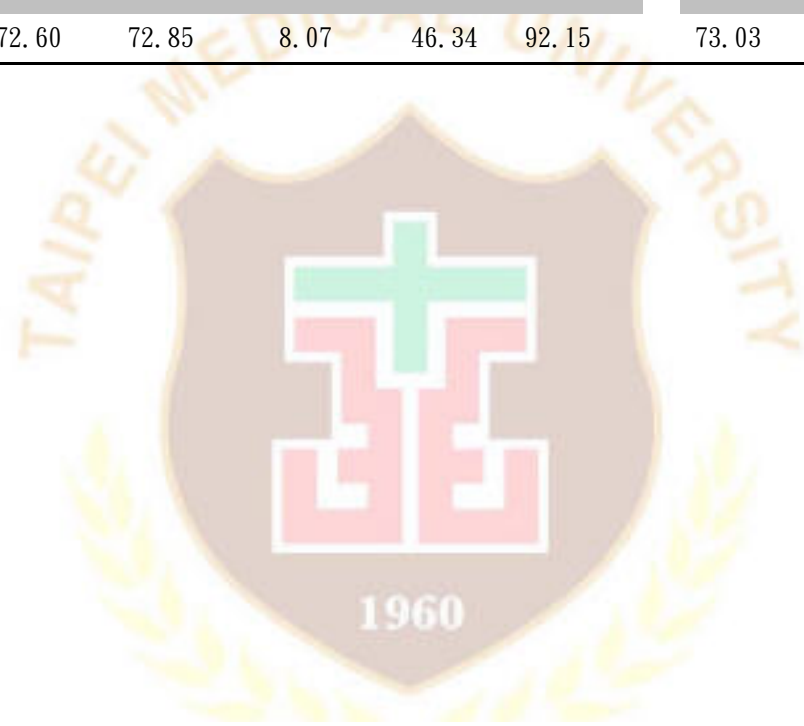


表4-1-4新莊地區總真菌孢子與大氣汙染物及氣象因子間之相關性

	Total fungi	Ascospores	Basidiospores	<i>Cladosporium</i>	<i>Aspergillus</i> <i>/Penicillium</i>
大氣汙染物					
SO ₂	0.4595***	0.3529***	0.5763***	0.2749***	0.1843**
CO	0.2696***	0.1491*	0.2339***	0.3367***	-0.0086
NO _x	0.2221	0.1330*	0.2649***	0.2109**	0.0025
NO	0.2486***	0.1788**	0.3802***	0.1153	0.0505
NO ₂	0.1651**	0.0843	0.1477*	0.2408***	-0.0293
PM ₁₀	0.1261*	-0.0479	0.2494***	0.1691**	0.1260*
PM _{2.5}	0.2156***	0.0538	0.3351***	0.2359***	0.1421*
TC	0.2315***	0.1564**	0.3041***	0.2185**	-0.0546
OC	0.1649**	0.1227**	0.2448***	0.1747**	-0.1228*
氣象因子					
溫度	0.4901***	0.5579***	0.6907***	0.0034	0.3259***
相對溼度	0.0706	0.1314**	-0.0852	0.1328*	-0.0483
降雨量	-0.0046	0.1452**	-0.1654**	0.0147	-0.1251*
風速	-0.4047***	-0.3857***	-0.4596***	-0.2211**	0.0133
大氣壓力	-0.4958***	-0.5816***	-0.7079***	-0.0233	-0.2541***

-相關性利用 Spearman Correlation Coefficients 計算

* p < 0.05 ** p < 0.01 *** p < 0.001

表4-1-5信義區總真菌孢子與大氣汙染物及氣象因子間之相關性

	Total fungi	Ascospores	Basidiospores	<i>Cladosporium</i>	<i>Aspergillus</i> <i>/Penicillium</i>
大氣汙染物					
SO ₂	0.2075**	0.1954**	0.3300***	0.1124	0.1729*
CO	0.2081**	0.1574	0.2546**	0.2138**	0.0309
NO _x	0.0819	0.0533	0.1880*	0.0519	0.0149
NO	0.1535*	0.1429	0.2590**	0.0322	0.1792*
NO ₂	-0.0187	-0.0439	0.0864	-0.0034	-0.0665
PM ₁₀	0.0754	0.0191	0.1287	0.1549*	0.0664
PM _{2.5}	0.16145*	0.1067	0.2136**	0.2084**	0.0809
CH ₄	-0.2897***	-0.3358***	-0.2465**	-0.0112	-0.3124***
NMHC	0.3525***	0.3191***	0.4534***	0.2318**	0.1754*
THC	0.0617	0.0133	0.1438	0.1499*	-0.0893
氣象因子					
溫度	0.7266***	0.7477***	0.7522***	0.3623***	0.5003***
相對溼度	-0.1203	-0.0813	-0.1487*	-0.1101	-0.1462*
降雨量	0.0701	0.1251	0.0153	-0.0599	0.0935
風速	-0.4475***	-0.4152***	-0.4409***	-0.3037***	-0.1912**

-相關性利用 Spearman Correlation Coefficients 計算

* p < 0.05 ** p < 0.01 *** p < 0.001

表4-1-6新莊地區總真菌孢子濃度多變項回歸模式

參數	β 估計值	標準誤	t值	p值
截距	1.8701	0.2501	7.48	<.0001
溫度	0.03077	0.005686	5.41	<.0001
五天前的相對濕度	0.006317	0.002633	2.40	0.0174
兩天前的NO	0.003126	0.001427	2.19	0.0296

表4-1-7台北市信義區總真菌孢子濃度多變項回歸模式

參數	β 估計值	標準誤	t值	p值
截距	2.1174	0.1558	13.59	<.0001
風速	-0.2030	0.03592	-5.65	<.0001
一天前的溫度	0.05436	0.005531	9.83	<.0001



參、 就診人次與總真菌孢子及環境因子間之相關性

兩地區各類過敏性疾病(過敏性結膜炎、過敏性鼻炎及氣喘)與真菌孢子及環境因子的多變項回歸模式列於表4-1-8 至表4-1-12。結果顯示，在新莊地區過敏性疾病就診人次(氣喘及過敏性鼻炎)與真菌孢子(如 *Torula*、*Cladosporium*)呈正相關；在氣象因子的部分則與降雨量呈正相關，與溫度呈負相關；並與大氣污染物，PM₁₀呈正相關(表4-1-8至表4-1-9)；但並無觀察到過敏性結膜炎與環境因子間的相關性。台北市信義區的過敏性疾病就診人次與真菌孢子(*Rusts*、*Stemphylium*、*Nigrospora*)及數種氣象因子(如風速、溫度、溫差及降雨量)呈顯著相關，大氣污染物的部分與PM_{2.5}呈負相關，與NO₂呈正相關。兩地區的模式也顯示真菌孢子及環境因子對過敏性疾病的影響有延遲效應(4-1-8至4-1-12)。

表4-1-8新莊地區氣喘門診人次多變項回歸模式

參數	β 估計值	標準誤	F^2	p 值
截距	4.2044	0.0791	2826.65	<.0001
溫度	-0.0247	0.0027	80.87	<.0001
兩天前的降雨量	0.0863	0.0274	9.94	0.0016
一天前的 <i>Torula</i>	0.0059	0.0011	29.17	<.0001
<i>Cladosporium</i>	0.0001	0	13.67	0.0002

表4-1-9新莊地區過敏性鼻炎門診人次多變項回歸模式

參數	β 估計值	標準誤	F^2	p 值
截距	4.419	0.046	9210.65	<.0001
溫度	-0.0117	0.0018	42	<.0001
PM10	0.0017	0.0005	13.57	0.0002
一天前的 <i>Torula</i>	0.0028	0.0008	12.43	0.0004

表4-1-10信義區過敏性結膜炎門診人次多變項回歸模式

參數	β 估計值	標準誤	X^2	p 值
截距	0.2269	0.2654	0.73	0.3925
一天前的風速	0.1929	0.0762	6.41	0.0113
四天前的溫度差	0.0583	0.0185	9.89	0.0017
三天前的PM _{2.5}	-0.0083	0.0035	5.76	0.0164
NO ₂	0.0144	0.0043	11	0.0009
Rusts	0.0392	0.0197	3.93	0.0473

表4-1-11信義區氣喘門診人次多變項回歸模式

參數	β 估計值	標準誤	X^2	p 值
截距	3.5187	0.0529	4418.48	<.0001
風速	-0.0794	0.024	10.91	0.001
五天前的降雨量	-0.024	0.0058	16.88	<.0001
<i>Stemphylium</i>	0.0243	0.0054	20.01	<.0001

表4-1-12信義區過敏性鼻炎門診人次多變項回歸模式

參數	β 估計值	標準誤	X^2	p 值
截距	4.1874	0.0487	7405.05	<.0001
溫度	-0.0152	0.002	55.84	<.0001
降雨量	-0.0976	0.012	65.87	<.0001
<i>Nigrospora</i>	-0.0731	0.0068	114.78	<.0001

第二節 真菌過敏原

壹、 種類與濃度分佈

真菌過敏原及細菌內毒素在新莊地區的採樣期間為2006年5月至2008年12月，共採集了168個樣本；信義區的採樣期間為2008年5月至2009年7月，共採集了88個樣本；分析的真菌過敏原為*Cladosporium herbarum* (*Clad h 1*)。採樣期間新莊地區*Cladosporium*粗微粒平均濃度為0.17ng/m³，細微粒為0.06 ng/m³；信義區*Cladosporium*粗微粒平均濃度為0.23 ng/m³，細微粒則為0.08 ng/m³(表4-2-1)。新莊地區*Cladosporium*濃度在粗微粒中，以2007年8月最高，2006年5月最低(圖4-2-1)，在細微粒中則以2007年11月最高，2006年5月最低(圖4-2-2)；信義區*Cladosporium*濃度不論在粗細微粒中，皆以2009年7月最高，最低濃度分別出現在2008年12月及2008年5月(圖4-2-3及圖4-2-4)。

表4-2-1 新莊地區及信義區過敏原濃度分佈

採樣地點	變項	平均數	中間值	標準差	最小值	最大值
新莊地區	PM _{2.5-10} <i>Cladosporium</i>	0.17	0.12	0.18	0.00	0.85
	PM _{2.5} <i>Cladosporium</i>	0.06	0.04	0.08	0.00	0.45
信義區	PM _{2.5-10} <i>Cladosporium</i>	0.23	0.12	0.26	0.01	1.32
	PM _{2.5} <i>Cladosporium</i>	0.08	0.06	0.07	0.00	0.37

-真菌過敏原濃度單位：ng/m³

-新莊地區採樣期間為2006-2008年；信義區為2008-2009年。

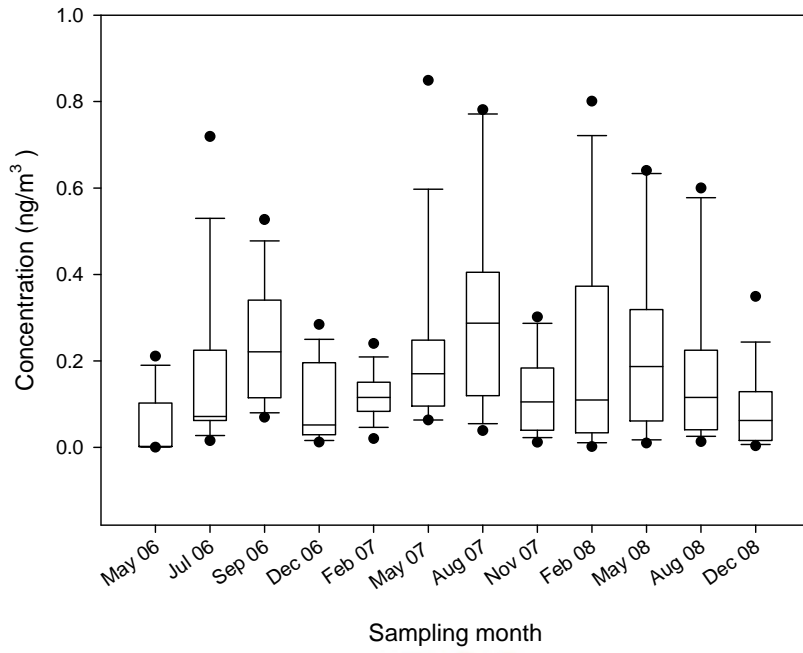


圖 4-2-1 2006-2008 年新莊地區粗微粒($PM_{2.5-10}$) *Cl a h 1* 濃度分布

— 箱型圖顯示第 10、25、50、75、90 百分位，以及離群值。

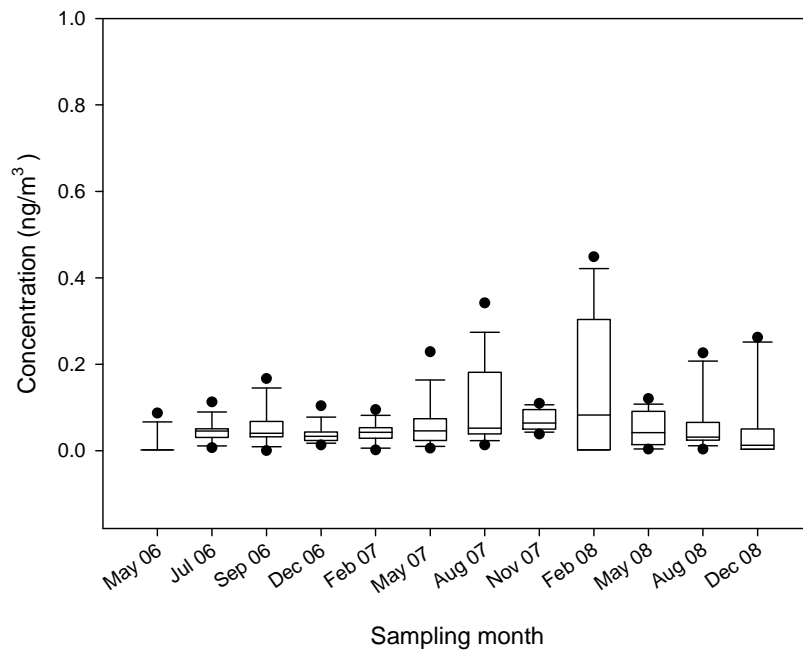


圖 4-2-2 2006-2008 年新莊地區細微粒($PM_{2.5}$) *Cl a h 1* 濃度分布

— 箱型圖顯示第 10、25、50、75、90 百分位，以及離群值。

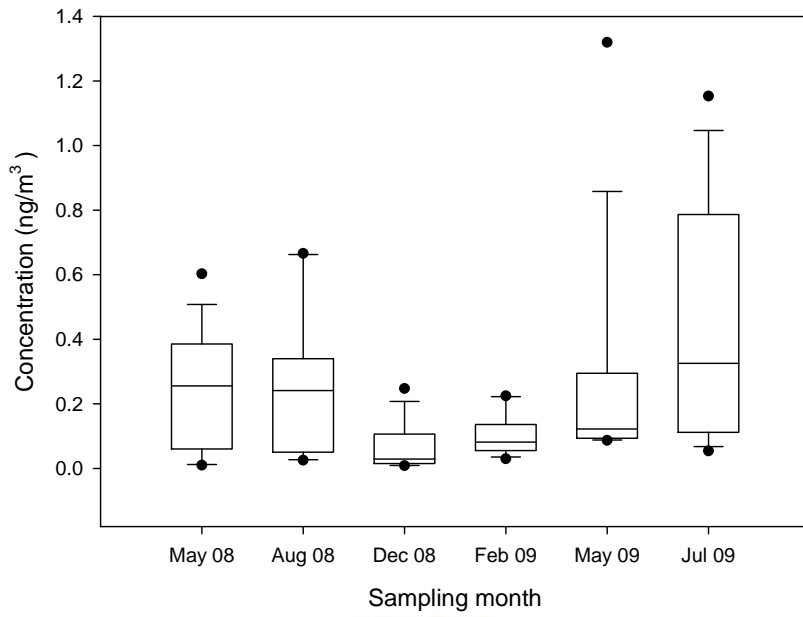


圖 4-2-3 2008-2009 年信義區粗微粒($PM_{2.5-10}$) *Cl h 1* 濃度分布

— 箱型圖顯示第 10、25、50、75、90 百分位，以及離群值。

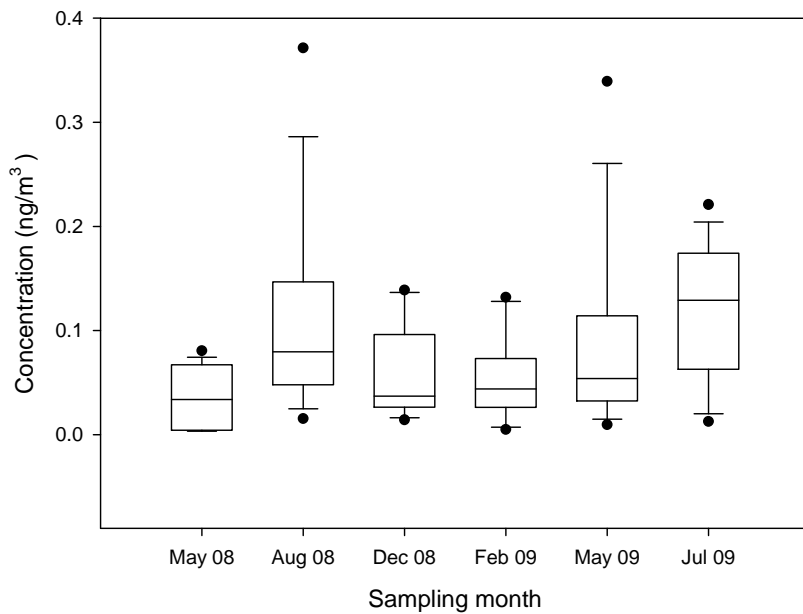


圖 4-2-4 2008-2009 年信義區細微粒($PM_{2.5}$) *Cl h 1* 濃度分布

— 箱型圖顯示第 10、25、50、75、90 百分位，以及離群值。

貳、真菌過敏原與其他環境因子之相關性

表4-2-2為採樣期間環境因子的分佈情形。粒狀污染物的濃度在信義區較高，氣態污染物（除了NO_x）的濃度則在新莊地區較高，NO_x（包括NO及NO₂）在兩採樣點的濃度類似；降雨量在信義區較多，其他氣象因子則沒有明顯差異。

表4-2-3及表4-2-4是新莊地區和信義區真菌過敏原與環境因子間的相關性。新莊地區粗細微粒*Cl a h 1*皆與多種大氣污染物(CO、NO_x、NO、NO₂)呈正相關，並與降雨量和相對濕度呈顯著正相關。信義區粗微粒*Cl a h 1*與溫度、降雨量及相對濕度呈顯著正相關，與風速則呈負相關；細微粒*Cl a h 1*與多種大氣污染物(CO、PM_{2.5}、NO_x、NO、NO₂)呈正相關，也與溫度呈顯著正相關，與風速則呈負相關。

表4-2-5及4-2-6為兩採樣點*Cl a h 1*濃度多變項回歸模式。新莊地區粗微粒*Cl a h 1*與降雨呈正相關，與四天前的PM₁₀呈負相關(表4-2-3)；台北市信義區粗微粒*Cl a h 1*則與降雨、前一天的溫度及PM_{2.5}呈正相關(表4-2-4)。新莊地區及信義區細微粒*Cl a h 1*，在多變項回歸模式中皆與環境因子無顯著相關。

表4-2-2 真菌過敏原及內毒素採樣期間氣象因子及大氣汙染物分佈

環境因子	單位	新莊地區					信義區				
		平均數	中位數	標準差	最小值	最大值	平均數	中位數	標準差	最小值	最大值
PM ₁₀	μg/m ³	40.92	37.40	21.09	7.64	115.00	48.51	45.36	20.58	13.26	134.23
一天前的 PM ₁₀	μg/m ³	41.44	37.51	21.92	6.06	115.00	48.34	45.43	20.61	13.26	134.23
兩天前的 PM ₁₀	μg/m ³	41.67	38.15	22.26	6.06	115.00	48.36	45.74	20.50	13.26	134.23
三天前的 PM ₁₀	μg/m ³	41.35	38.69	22.14	6.06	115.00	49.04	45.85	20.27	13.26	134.23
四天前的 PM ₁₀	μg/m ³	42.25	39.61	22.29	6.06	115.24	49.59	47.51	19.99	13.26	134.23
五天前的 PM ₁₀	μg/m ³	43.15	40.31	23.05	6.06	125.92	50.18	47.76	19.82	13.26	134.23
PM _{2.5}	μg/m ³	27.80	24.44	13.84	6.09	70.54	31.82	29.40	13.10	11.40	66.74
一天前的 PM _{2.5}	μg/m ³	28.09	23.91	14.28	6.09	70.54	31.77	29.63	13.09	8.42	66.74
兩天前的 PM _{2.5}	μg/m ³	28.08	24.93	14.37	6.09	70.54	32.02	29.84	13.14	8.42	66.74
三天前的 PM _{2.5}	μg/m ³	28.05	24.64	14.69	6.09	70.54	32.29	30.54	12.93	8.42	66.74
四天前的 PM _{2.5}	μg/m ³	28.24	25.67	14.15	6.09	70.54	32.33	30.54	12.72	8.42	66.74
五天前的 PM _{2.5}	μg/m ³	28.65	26.43	14.21	6.09	70.54	32.50	31.43	12.43	8.42	66.74
SO ₂	ppb	7.00	5.80	4.30	1.05	20.57	3.90	3.87	1.20	1.44	7.00
一天前的 SO ₂	ppb	7.21	6.22	4.34	1.05	20.57	4.04	3.97	1.34	1.44	8.26
兩天前的 SO ₂	ppb	7.48	6.32	4.70	1.05	24.48	4.11	4.03	1.42	1.44	8.26
三天前的 SO ₂	ppb	7.37	6.22	4.55	1.05	24.48	4.12	4.09	1.39	1.44	8.26
四天前的 SO ₂	ppb	7.06	5.91	4.22	1.05	24.48	4.26	4.20	1.35	1.44	8.26
五天前的 SO ₂	ppb	6.93	5.85	4.17	1.05	24.48	4.27	4.17	1.40	1.44	8.26

CO	ppm	0.69	0.64	0.28	0.29	1.76	0.63	0.59	0.22	0.22	1.21
一天前的 CO	ppm	0.71	0.65	0.28	0.29	1.76	0.63	0.59	0.22	0.22	1.21
两天前的 CO	ppm	0.70	0.64	0.29	0.29	1.76	0.63	0.59	0.22	0.22	1.21
三天前的 CO	ppm	0.70	0.64	0.29	0.28	1.76	0.64	0.59	0.22	0.22	1.21
四天前的 CO	ppm	0.69	0.64	0.28	0.28	1.67	0.63	0.59	0.22	0.22	1.21
五天前的 CO	ppm	0.68	0.63	0.27	0.28	1.67	0.62	0.59	0.20	0.22	1.21
O ₃	ppb	27.23	26.28	9.70	4.23	59.10	23.73	21.76	11.85	3.24	61.04
一天前的 O ₃	ppb	26.83	25.54	9.53	4.23	59.10	23.86	22.11	11.60	3.24	61.04
两天前的 O ₃	ppb	26.83	25.54	10.21	4.23	59.10	24.12	23.14	11.13	3.24	60.25
三天前的 O ₃	ppb	27.04	25.63	10.89	4.23	79.08	24.36	23.14	11.42	3.24	62.75
四天前的 O ₃	ppb	27.86	26.27	11.28	4.47	79.08	24.66	23.14	11.44	3.24	62.75
五天前的 O ₃	ppb	28.39	27.03	11.22	4.47	79.08	25.42	23.37	11.65	5.39	62.75
NO _x	ppb	35.11	30.62	19.69	11.61	128.22	34.00	32.40	12.87	11.97	68.30
一天前的 NO _x	ppb	36.20	31.67	19.65	11.61	128.22	34.03	32.17	13.17	11.97	68.30
两天前的 NO _x	ppb	36.09	31.57	19.70	11.61	128.22	33.90	32.17	13.20	11.97	68.30
三天前的 NO _x	ppb	36.08	31.67	19.49	8.27	128.22	33.89	31.67	12.98	11.97	68.30
四天前的 NO _x	ppb	35.20	31.12	18.59	8.27	128.22	33.69	31.61	13.03	11.97	68.30
五天前的 NO _x	ppb	34.54	30.41	18.31	8.27	128.22	32.92	30.88	12.49	13.72	68.30
NO	ppb	9.74	5.46	11.88	0.96	74.72	9.43	7.93	6.92	1.55	32.17
一天前的 NO	ppb	10.11	6.28	11.86	1.10	74.72	9.56	8.04	7.10	1.55	32.17
两天前的 NO	ppb	10.27	6.36	11.91	0.96	74.72	9.48	7.46	7.09	1.55	32.17
三天前的 NO	ppb	10.25	6.28	11.88	0.91	74.72	9.41	7.46	6.98	1.55	32.17
四天前的 NO	ppb	9.91	6.27	11.45	0.91	74.72	9.34	7.38	6.98	1.55	32.17

五天前的 NO	ppb	9.31	5.51	11.24	0.91	74.72	9.02	7.14	6.63	1.55	31.63
NO ₂	ppb	25.37	23.78	9.45	9.39	63.81	24.56	24.54	7.40	4.48	41.98
一天前的 NO ₂	ppb	26.10	25.34	9.51	9.39	63.81	24.46	24.54	7.46	4.48	41.98
兩天前的 NO ₂	ppb	25.82	24.23	9.32	9.39	63.81	24.41	24.47	7.49	4.48	41.98
三天前的 NO ₂	ppb	25.83	24.19	9.31	6.70	62.50	24.49	24.47	7.37	4.48	41.98
四天前的 NO ₂	ppb	25.29	23.79	8.66	6.70	56.97	24.36	24.00	7.34	6.28	41.98
五天前的 NO ₂	ppb	25.23	23.31	8.72	6.70	56.97	23.90	23.58	7.10	6.28	41.98
風速	m/sec	2.94	1.83	3.51	0.59	16.06	2.08	1.99	0.63	1.01	3.61
一天前的風速	m/sec	2.93	1.78	3.60	0.59	17.19	2.08	2.01	0.62	1.01	3.61
兩天前的風速	m/sec	2.98	1.81	3.63	0.59	17.19	2.08	2.01	0.62	1.01	3.61
三天前的風速	m/sec	3.00	1.78	3.79	0.59	19.50	2.08	2.01	0.63	1.01	3.61
四天前的風速	m/sec	3.09	1.83	3.92	0.59	19.50	2.11	2.01	0.67	1.01	4.06
五天前的風速	m/sec	3.10	1.83	3.91	0.59	19.50	2.14	2.04	0.65	1.06	4.06
溫度	°C	23.64	25.08	5.58	11.73	32.34	24.86	26.24	4.90	13.84	32.25
一天前的溫度	°C	23.63	25.06	5.54	11.73	32.34	24.90	26.00	4.87	13.84	32.25
兩天前的溫度	°C	23.74	24.74	5.48	11.73	32.34	24.97	25.84	4.75	13.84	32.25
三天前的溫度	°C	23.68	24.45	5.42	12.13	32.34	25.00	25.84	4.65	13.84	32.25
四天前的溫度	°C	23.58	24.22	5.40	12.29	32.34	24.97	25.27	4.67	13.84	31.88
五天前的溫度	°C	23.50	24.14	5.40	11.05	32.34	24.98	25.04	4.80	13.84	31.88
降雨量	mm	0.25	0.00	0.56	0.00	3.16	0.66	0.00	1.81	0.00	13.90
一天前的降雨量	mm	0.27	0.00	0.58	0.00	3.16	0.56	0.00	1.75	0.00	13.90
兩天前的降雨量	mm	0.24	0.00	0.54	0.00	3.12	0.49	0.00	1.70	0.00	13.90
三天前的降雨量	mm	0.23	0.00	0.50	0.00	3.12	0.46	0.00	1.68	0.00	13.90

四天前的降雨量	mm	0.25	0.00	0.55	0.00	3.12	0.44	0.00	1.66	0.00	13.90
五天前的降雨量	mm	0.27	0.00	0.56	0.00	3.12	0.31	0.00	0.83	0.00	4.10
相對濕度	%	74.51	74.68	9.51	51.77	93.80	71.59	72.82	10.48	45.48	87.73
一天前的相對濕度	%	74.58	74.94	9.53	51.77	93.80	71.49	72.11	10.34	45.48	87.73
兩天前的相對濕度	%	74.16	74.73	9.52	51.52	93.80	71.57	71.83	9.79	45.48	87.73
三天前的相對濕度	%	74.04	74.68	9.70	51.52	93.80	71.48	71.74	9.90	48.84	87.73
四天前的相對濕度	%	73.80	74.71	9.75	51.52	93.80	71.01	71.25	9.64	48.84	87.73
五天前的相對濕度	%	73.60	74.49	9.92	47.68	93.80	69.94	70.51	9.86	48.84	87.73
大氣壓力	Pa (N/m ²)	1011.08	1010.00	7.05	997.19	1027.80	-	-	-	-	-
一天前的大氣壓力	Pa (N/m ²)	1011.15	1010.07	7.22	993.13	1027.80	-	-	-	-	-
兩天前的大氣壓力	Pa (N/m ²)	1011.03	1010.00	7.53	980.98	1027.80	-	-	-	-	-
三天前的大氣壓力	Pa (N/m ²)	1011.08	1009.85	7.53	980.98	1027.80	-	-	-	-	-
四天前的大氣壓力	Pa (N/m ²)	1011.32	1009.99	7.42	980.98	1027.80	-	-	-	-	-
五天前的大氣壓力	Pa (N/m ²)	1011.65	1010.00	7.40	980.98	1027.42	-	-	-	-	-



表4-2-3 新莊地區真菌過敏原與大氣汙染物及氣象因子之相關性

	PM _{2.5-10} <i>Cladosporium</i>	PM _{2.5} <i>Cladosporium</i>
大氣汙染物		
SO ₂	0.0438	0.0711
CO	0.2094**	0.1705*
O ₃	-0.1941*	-0.1329
PM ₁₀	-0.1623*	-0.0366
PM _{2.5}	-0.1308	0.0278
NO _x	0.2664**	0.2248**
NO	0.2198**	0.1715*
NO ₂	0.2615**	0.2354**
氣象因子		
風速	-0.2391**	-0.1437
溫度	0.0995	0.0514
降雨量	0.5520***	0.2547**
相對溼度	0.4143***	0.1554*
大氣壓力	-0.2543**	-0.0864

-相關性利用 Spearman Correlation Coefficients 計算

-* p < 0.05 ** p < 0.01 *** p < 0.001

表4-2-4 台北市信義區真菌過敏原與大氣汙染物及氣象因子間之相關性

	PM _{2.5-10} <i>Cladosporium</i>	PM _{2.5} <i>Cladosporium</i>
大氣汙染物		
SO ₂	-0.0592	0.1970
CO	0.1713	0.3299**
O ₃	0.1258	-0.0784
PM ₁₀	-0.1128	0.1614
PM _{2.5}	0.0275	0.2574*
NO _x	0.0017	0.2708*
NO	-0.0615	0.2213*
NO ₂	0.0124	0.2695*
氣象因子		
風速	-0.2155*	-0.2784*
溫度	0.3659**	0.2989**
降雨量	0.6230***	0.1803
相對溼度	0.3885**	0.0557

-相關性利用 Spearman Correlation Coefficients 計算

-* p < 0.05 ** p < 0.01 *** p < 0.001

表4-2-5 新莊地區粗微粒*Cl a h 1*濃度多變項回歸模式

參數	β 估計值	標準誤	t值	p值
截距	1.9235	0.1226	15.69	<.0001
降雨量	0.4481	0.07795	5.75	<.0001
四天前的PM ₁₀	-0.00410	0.001959	-2.09	0.0385

表4-2-6 台北市信義區粗微粒*Cl a h 1*濃度多變項回歸模式

參數	β 估計值	標準誤	t值	p值
截距	0.4696	0.3741	1.26	0.2648
降雨量	0.3483	0.07530	4.63	<.0001
前一天的溫度	0.04921	0.01399	3.52	0.0008
PM _{2.5}	0.007486	0.003583	2.09	0.0409

第三節 細菌內毒素

壹、細菌內毒素濃度分佈

新莊地區及信義區的內毒素濃度分布列於表 4-3-1。採樣期間新莊地區粗微粒內毒素之平均濃度為 0.25 EU/m³，細微粒則為 0.14 EU/m³；信義區粗微粒內毒素之平均濃度為 0.15 EU/m³，細微粒為 0.12 EU/m³。圖 4-3-1 至圖 4-3-4 為採樣期間兩地區粗細微粒內毒素濃度的季節變化。在新莊地區，不論粗微粒或細微粒，內毒素平均濃度皆以 2006 年 7 月最高(粗微粒：0.79 EU/m³，細微粒：0.36 EU/m³)，粗微粒內毒素平均濃度以 2008 年 12 月最低(0.04 EU/m³)，細微粒則以 2008 年 2 月最低(0.03 EU/m³)；信義區內毒素平均濃度，在粗微粒和細微粒中，皆以 2009 年 7 月最高(粗微粒；0.26 EU/m³，細微粒：0.27 EU/m³)，2008 年 12 月最低(粗微粒；0.027 EU/m³，細微粒：0.026 EU/m³)。

表4-3-1 2006-2008新莊地區內毒素濃度分佈

採樣地點	變項	平均數	中間值	標準差	最小值	最大值
新莊地區	PM _{2.5-10} Endotoxin	0.25	0.14	0.27	0.00	1.20
	PM _{2.5} Endotoxin	0.14	0.08	0.16	0.00	0.79
信義區	PM _{2.5-10} Endotoxin	0.15	0.12	0.14	0.01	0.64
	PM _{2.5} Endotoxin	0.12	0.07	0.14	0.01	0.85

-細菌內毒素濃度單位：EU/m³

-新莊地區採樣期間為 2006-2008 年；信義區為 2008-2009 年。

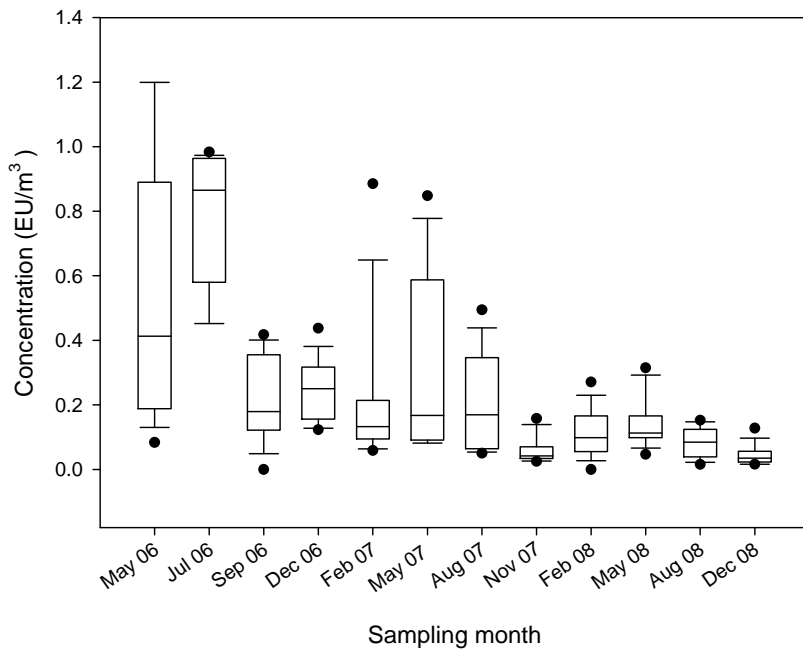


圖 4-3-1 2006-2008 年新莊地區粗微粒(PM_{2.5-10}) 內毒素濃度分布

— 箱型圖顯示第 10、25、50、75、90 百分位，以及離群值。

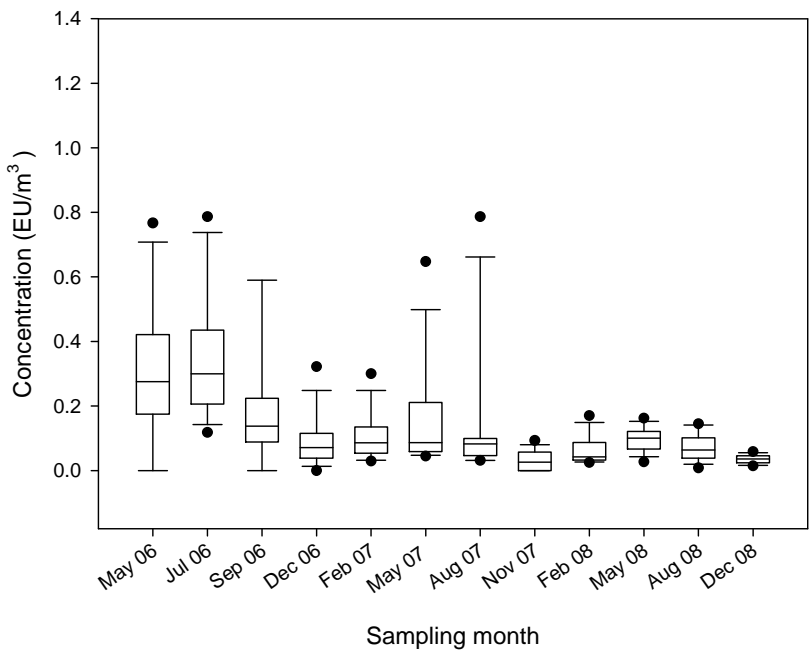


圖 4-3-2 2006-2008 年新莊地區細微粒(PM_{2.5}) 內毒素濃度分布

— 箱型圖顯示第 10、25、50、75、90 百分位，以及離群值。

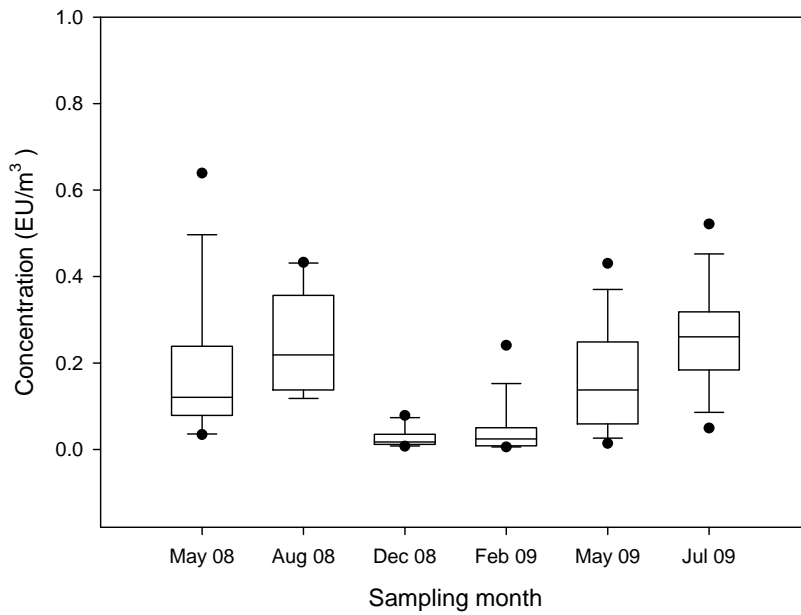


圖 4-3-3 2008-2009 年信義區粗微粒(PM_{2.5-10}) 內毒素濃度分布

— 箱型圖顯示第 10、25、50、75、90 百分位，以及離群值。

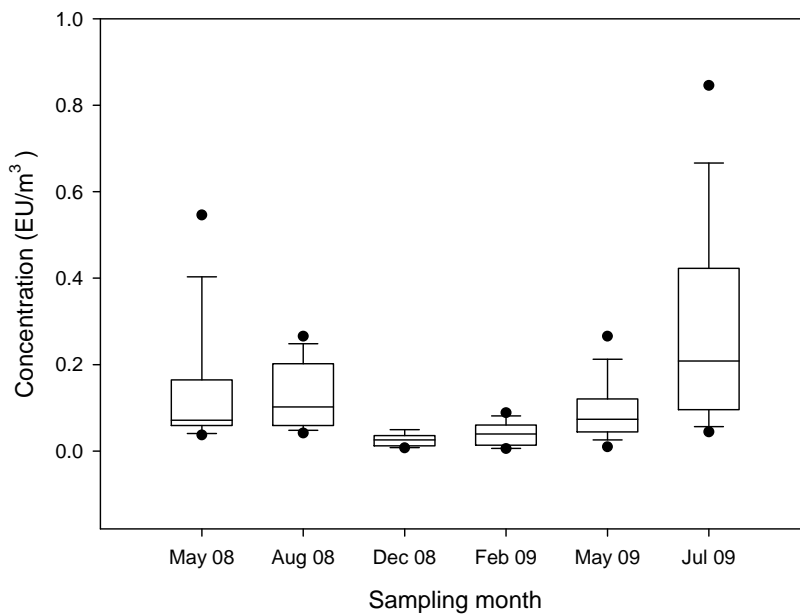


圖 4-3-4 2008-2009 年信義區細微粒(PM_{2.5}) 內毒素濃度分布

— 箱型圖顯示第 10、25、50、75、90 百分位，以及離群值。

貳、 細菌內毒素與環境因子間之相關性

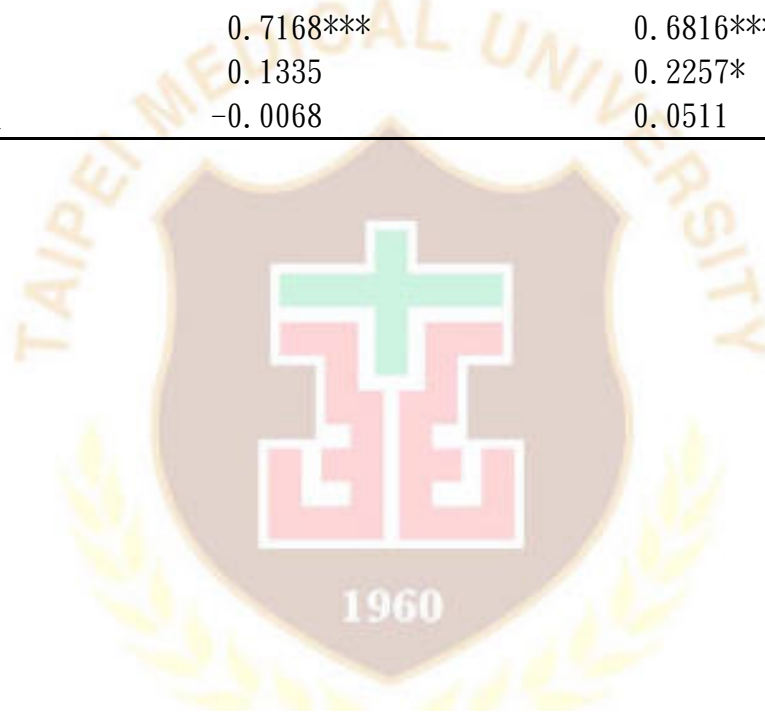
細菌內毒素與環境因子間的相關性列於表 4-3-2 及表 4-3-3。在新莊地區，不論是粗細微粒內毒素濃度皆與多種大氣污染物(SO₂、CO、NO)呈正相關，也與溫度呈正相關，與風速及大氣壓力則呈負相關。信義區，粗微粒內毒素與 SO₂、CO 呈正相關，與溫度呈正相關，與風速則呈負相關；細微粒內毒素濃度與溫度及降雨量呈正相關，與風速呈負相關。在多變項回歸分析中，皆無發現兩地區內毒素與環境因子間的顯著相關。

表4-3-2 新莊地區內毒素濃度與大氣汙染物及氣象因子間之相關性

	PM _{2.5-10} Endotoxin	PM _{2.5} Endotoxin
大氣汙染物		
SO ₂	0.3992***	0.3501***
CO	0.2561**	0.1860*
O ₃	-0.0565	-0.0238
PM ₁₀	0.0603	0.0681
PM _{2.5}	0.0467	0.0536
NO _x	0.2691**	0.1441
NO	0.3253***	0.1896*
NO ₂	0.1720*	0.0915
氣象因子		
風速	-0.2577***	-0.1844*
溫度	0.3692***	0.3500***
降雨量	-0.0290	-0.0552
相對溼度	-0.0628	0.0027
大氣壓力	-0.2453**	-0.2808**

表4-3-3台北市信義區內毒素濃度與大氣汙染物及氣象因子間之相關性

	PM _{2.5-10} Endotoxin	PM _{2.5} ndotoxin
大氣汙染物		
SO ₂	0.2593*	0.2052
CO	0.2505*	0.1564
O ₃	0.0001	0.0936
PM ₁₀	0.0964	-0.0114
PM _{2.5}	0.1840	0.0747
NO _x	0.1560	-0.0085
NO	0.1303	0.0209
NO ₂	0.1649	-0.0233
氣象因子		
風速	-0.3320**	-0.2272*
溫度	0.7168***	0.6816***
降雨量	0.1335	0.2257*
相對溼度	-0.0068	0.0511



第四節 就診人次與真菌過敏原、內毒素濃度及環境因子間之相關性

過敏性疾病與真菌過敏原、內毒素濃度及環境因子的多變項回歸模式列於表4-4-1至表4-4-4，其中信義區過敏性鼻炎及結膜炎因與所測量環境因子無顯著相關，因此未列出。結果發現，過敏性疾病就診人次與細微粒內毒素濃度呈正相關；在氣象因子部份與溫度、風速、相對濕度及降雨量呈負相關；並與NO呈正相關。

表4-4-1新莊地區氣喘門診人次多變項回歸模式

參數	估計值	標準誤	χ^2	p 值
截距	4.5743	0.1596	821.59	<.0001
相對溼度	-0.0062	0.0019	10.89	0.001
溫度	-0.0243	0.0032	58.8	<.0001

表4-4-2新莊地區過敏性鼻炎門診人次多變項回歸模式

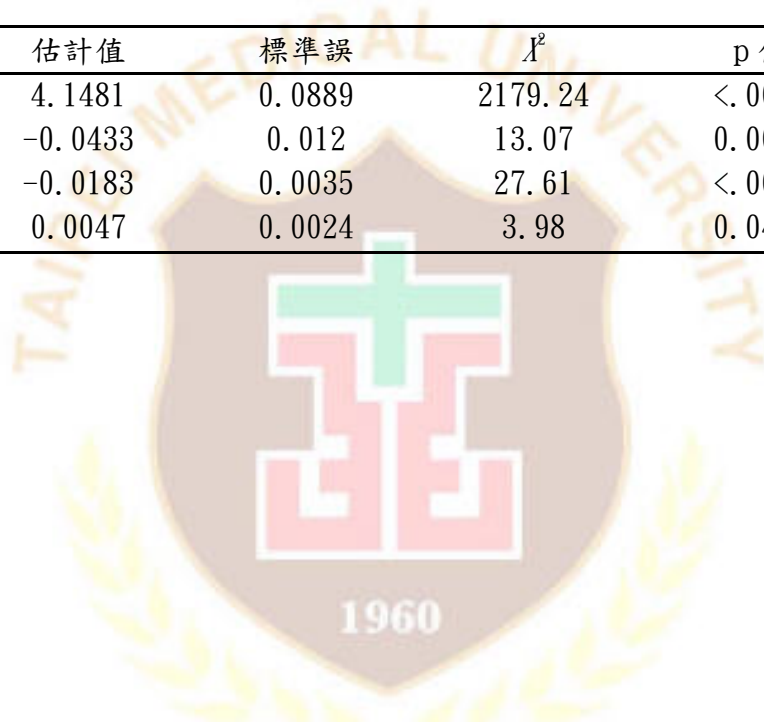
參數	估計值	標準誤	χ^2	p 值
截距	4.8632	0.1277	1449.7	<.0001
相對溼度	-0.0048	0.0014	12.03	0.0005
風速	-0.0423	0.0155	7.42	0.0064
溫度	-0.0088	0.0023	14.48	0.0001
PM _{2.5} Endotoxin	0.1471	0.0627	5.51	0.0189

表4-4-3新莊地區過敏性結膜炎門診人次多變項回歸模式

參數	估計值	標準誤	χ^2	p 值
截距	3.0953	0.0637	2364.49	<.0001
風速	-0.1168	0.0313	13.91	0.0002
降雨量	-0.1423	0.0453	9.88	0.0017

表4-4-4信義區氣喘門診人次多變項回歸模式

參數	估計值	標準誤	χ^2	p 值
截距	4.1481	0.0889	2179.24	<.0001
降雨量	-0.0433	0.012	13.07	0.0003
溫度	-0.0183	0.0035	27.61	<.0001
NO	0.0047	0.0024	3.98	0.0462



第五章 討論

第一節 真菌

本篇研究於2005-2009年間在大台北地區(新莊地區及台北市信義區)進行大氣中生物性微粒的監測，結果發現在新莊地區大氣中的優勢真菌依序為 *Ascospores*、*Cladosporium*、*Basidiospores* 及 *Aspergillus/Penicillium*，濃度皆高於 100 spores/m^3 ，且出現頻率高於85%以上；台北市信義區的優勢真菌依序則為 *Ascospores*、*Basidiospores*、*Cladosporium* 及 *Aspergillus/Penicillium*，出現頻率也皆高於85%以上，其中 *Ascospores* 幾乎在每一個樣本中皆有出現(出現頻率近100%)。本研究結果與Ho 等人在花蓮地區的調查結果類似，花蓮地區的常見真菌為 *Ascospores*、*Cladosporium*、*Ganoderma* (一種擔孢子) 及 *Aspergillus/Penicillium*，佔了總真菌的80%以上(Ho et al. 2005)，與台北地區的真菌組成相近。在美國辛辛那提市的一個研究中進行了大氣監測，結果發現 *Ascospores*、*Basidiospores*、*Cladosporium* 及 *Aspergillus/Penicillium* 為當地出現頻率最高的真菌，亦與本研究結果一致(Crawford et al. 2009)。另一個在土耳其為期一年的研究中發現，*Alternaria* 及 *Aspergillus/Penicillium* 為室外空氣中的優勢真菌(Sen and Asan 2009)。

在季節變化方面，本研究發現不論在新莊地區及北市信義區，總真菌孢子濃度皆有明顯的季節變化，通常在夏季時濃度較高(於2007年6月達到最高濃度)，冬季時濃度則較低。總真菌孢子在溫暖的夏季濃度最高，而陰冷多雨的秋冬兩季濃度較低，和陳(1995)在台北使用 Burkard Spore Trap 採樣結果一致，該研究也發現孢子量於6月最高。在一個中國北京的微生物監測研究中，也觀察到一致的結果(Fang et al. 2005)。在本研究中發現，大氣中真菌組成會隨著季節而變化，新莊地區夏季時 *Ascospores* 及 *Basidiospores* 兩者合佔總真菌孢子濃度將近70%，而在冬季則只佔了31%，相差近一倍。*Cladosporium* 在冬季佔了總真菌濃度的52%，而夏季僅佔16%。其他真菌如 *Aspergillus/Penicillium* 在各季節則沒有太大差異，皆約佔10%上下；台北市信義區夏季時 *Ascospores* 及 *Basidiospores* 兩者合佔總真菌孢子濃度高達76%，而在冬季則只佔了29%，

Cladosporium 在冬季佔了總真菌濃度的54%，而夏季僅佔13%。由此可知，不論在新莊地區或是台北市信義區，夏季大氣中濃度較高的真菌為Ascospores 及 Basidiospores，冬季則是*Cladosporium*。法國一個為期一年在醫院戶外的真菌空氣汙染調查中，觀察到隨著季節的變化，真菌組成比例也會隨之不同，其中*Cladosporium*在春季佔總真菌孢子濃度的66%，其次為秋季64%、夏季52%以及最低的冬季23%(Sautour et al. 2009)。由於研究地點氣候的不同，進而影響植物的生命週期，因此觀察的結果也與本研究不一樣。

在真菌過敏原部份，本研究分析*Cladosporium herbarum*過敏原(*Cl a h 1*)在不同粒徑微粒中的分佈情形。*Cl a h 1*在粗微粒(PM_{2.5-10})中的濃度高於在細微粒中的濃度，與孢子粒徑相符(8.0 ~ 15 × 2.0 ~ 6.0 μm)。新莊地區*Cl a h 1*在粗微粒及細微粒中濃度最高的季節分別是夏季(8月)和冬季(11月)，最低的季節皆在5月；信義區*Cl a h 1*濃度不論在粗細微粒中，皆以夏季最高，最低濃度分別出現在12月及5月。在新莊部分，*Cl a h 1*的最高濃度出現在六月份，主要是因為夏季高溫適合乾孢子的生長與釋放；由於大台北地區屬亞熱帶地區，冬季氣候和緩潮濕，亦適合*Cladosporium*的生長繁殖，故11月亦有高峰值出現，與其他的研究結果相似(Sabariego et al., 2000; Al-Subai, 2002)。

在環境因子的部分，本研究利用Spearman correlation coefficients分析發現溫度和風速是影響真菌濃度最顯著的因子。在新莊地區及台北市信義區，總真菌孢子濃度皆與溫度呈顯著正相關，與風速呈顯著負相關，與其他研究結果一致(Adhikari et al., 2006; Klaric and Pepeljnjak, 2006; Wu et al., 2007; Kalyoncu et al., 2010)。在大氣污染物方面，根據Spearman correlation coefficients 的分析結果發現，總真菌孢子則與多種污染物有顯著的正相關。本研究除了利用Spearman correlation coefficients 分析外，亦利用多變項迴歸來分析真菌孢子與環境因子間複雜的相關性。在多變項模式中，新莊地區及台北市信義區總真菌孢子濃度皆與溫度呈正相關。有研究指出，因為環境中大多数的真菌屬於耐溫型真菌(thermotolerant fungi)，生長溫度範圍在12°C -55°C 之間，最適合的溫度在20°C ~24°C間。新莊地區總真菌孢子濃度亦與相對濕度及NO_x成顯著

正相關。相對濕度的上升有助於濕孢子的釋放(Das and Gupta-Bhattacharya et al., 2008)；而真菌孢子與NO的相關性，可能是由於大氣擴散效應對污染物所造成的共變性。在之前的研究中發現，風速對大氣中真菌濃度有混合的影響(Das and Gupta-Bhattacharya et al., 2008)，主要是因為風擾動時會促使孢子離開其附著的表面，增加大氣中的孢子量，然而風速過大時則會稀釋大氣真菌濃度；在本研究中，信義區的總真菌孢子濃度與風速呈負相關。

第二節 細菌內毒素

本研究評估大氣中內毒素在不同粒徑微粒中的分佈情形、季節變化，以及與環境因子間的相關性。新莊地區內毒素粗微粒之平均濃度為 0.25 EU/m^3 ，細微粒則為 0.14 EU/m^3 ；信義區內毒素粗微粒之平均濃度為 0.15 EU/m^3 ，細微粒為 0.12 EU/m^3 ，皆高於美國丹佛地區的研究結果(細微粒： 0.0057 EU/m^3)。Morgenstern等人在德國的兩個小鎮上，收集大氣中粗細微粒並進行內毒素濃度的分析，結果顯示粗微粒中的內毒素濃度高於細微粒(粗微粒： $3.91 \text{ EUmg}^{-1} \text{ PM}_{10}$ ，細微粒： $1.30 \text{ EUmg}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$)(Morgenstern et al. 2005)，與本研究結果相符。Solomon等人在Katrina颶風後測量紐奧良水災區域大氣中內毒素的濃度，結果發現內毒素濃度範圍為 $0.6-8.3 \text{ EU/m}^3$ ，平均濃度為 3.9 EU/m^3 (Solomon et al. 2006)，明顯高於其他地區的背景值。至目前為止，各國對於內毒素濃度並沒有標準規範，只有一些建議的閾值，如Dutch Expert Committee(1998)建議勞工8小時暴露閾值不能超過 50 EU/m^3 ，還有Mueller-Annelling在2004年的研究中建議24小時暴露閾值不能超過 17 EU/m^3 ，否則會產生急性呼吸道阻礙的現象。美國American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH)設了一個相對閾值(RLV, Relative Limit Value)，當環境中內毒素濃度大於背景值10倍時，會出現一些呼吸道症狀，當內毒素濃度高達背景值30倍時，應避免暴露在該環境中(Macher et al., 1999)。

Mueller-Annelling等人提供了橫跨南加州許多城市的內毒素濃度資料，研究發現沙漠和山中的社區有最高的內毒素濃度，而Los Angeles的濃度最低，在這

為期一年的大氣內毒素監測中，發現內毒素在PM₁₀中的幾何平均濃度為0.44EU/m³，內毒素與大氣污染物間沒有顯著的相關性，季節變化亦不明顯，但以6~9月較高。在本研究中，不論是粗微粒或細微粒，兩個採樣點的內毒素濃度皆在夏季（7月）濃度最高，與Mueller-Annelling等人調查結果類似（Mueller-Annelling et al. 2004）。

第三節 健康資料

由於氣喘及其他過敏性疾病的盛行率在我國逐年上升（Tsuang et al. 2003; Tsai et al. 2006），已經成為公共衛生的一個主要議題。大台北地區為一個高度都市化的城市，人口密集且交通密度高，由於交通排放的空氣汙染物使得孩童氣喘率日趨攀升（Yan et al., 2005），而已知的氣喘危險因子，還包括了生物性微粒（如真菌）及氣象因子等等（Chiang et al., 2005; Jan et al., 2004）。太高或太低的溫度和相對濕度會引起健康問題，例如高相對濕度與許多疾病有關，特別是呼吸道、心血管及風濕病（Arundel et al. 1986），而真菌喜歡生長在相對濕度高於70%的環境下（Garrett et al. 1998）。Sousa等人在研究中也發現真菌孢子濃度與環境因子，如溫度、風速和相對濕度都有高度的相關（Sousa et al. 2008）。真菌孢子和環境因子間有複雜的相關性，且皆與過敏性疾病有關，因此其個別及共同的影響需要釐清。有研究指出，溫度和相對濕度是影響大氣中真菌孢子濃度的重要因素，然而高濃度真菌、低溫及低相對濕度皆會增加氣喘就診人次（Qasem et al., 2008）。在本研究發中發現，過敏性疾病就診人次與真菌孢子（如*Torula*、*Cladosporium*）、氣象因子（如降雨量、溫度）及大氣汙染物（如PM₁₀）有顯著的相關。Dales 等人（2004）和Atkinson 等人（2006）的研究發現Ascospores、Basidiospores 及*Cladosporium*的暴露會增加氣喘就診人次。亦有調查指出*Botrytis*、Rusts、Smuts、*Stemphylium*、*Tetraploa*等真菌可能會產生呼吸道過敏（Griffin et al., 2007）。在南台灣的一個研究中發現兩天前的*Cladosporium*濃度與孩童氣喘就診人次有顯著關係，而三天前的*Cladosporium*濃度與成人就診人次有顯著相關（Wu et al., 2006）。在本研究中除了

*Cladosporium*外並未觀察到相似的結果，可能是不同地區過敏原種類及分佈不同之故。

在汙染物部分，本研究發現多種大氣汙染物會影響過敏性疾病的就診人次。Dominici等人研究因呼吸道疾病住院與大氣汙染物間的關係，結果發現兩天前的PM_{2.5}與呼吸道感染有顯著的相關性(Dominici et al., 2004)。一個台灣台北的研究中，分析空氣汙染物與氣喘門、急診人次間的關係，研究結果指出PM₁₀、NO₂、O₃及SO₂有明顯的季節變化，其中SO₂與氣溫和露點呈正相關，而NO₂濃度每增加10%，氣喘門診人次就會增加0.3%，而兩天前的PM₁₀濃度與氣喘急診人次有顯著的關係(Chan et al., 2009)。



第六章 結論

本研究提供了大台北地區真菌孢子種類及濃度的變化，以及不同粒徑微粒所含真菌過敏原與細菌內毒素濃度，並進一步探討這些生物性微粒的季節變化與地點間之差異、分析其與氣象因子及空氣污染物之間的相關性，以及瞭解可能的健康危害。

根據本研究結果，大台北地區的常見真菌為Ascospores、Basidiospores、*Cladosporium*、*Aspergillus/Penicillium*、*Fusarium*，且為重要過敏原，可能會對人體健康產生危害，因此應長期監測瞭解其分佈變化。2005-2009年間戶外真菌組成及濃度隨季節有明顯變化，總真菌孢子濃度在夏季最高，冬季最低。此外，真菌孢子的濃度也會受其他大氣環境因子的影響，溫度是主要影響真菌濃度的氣象因子，真菌孢子亦與多種污染物有顯著相關。本研究亦調查了*Cladosporium herbarum*過敏原在大氣中的濃度分佈，結果發現在兩個採樣點，皆是粗微粒 Cl_{h1} 濃度大於細微粒濃度。氣象因子（如溫度、風速、相對濕度、降雨量等）及多種大氣污染物（如PM₁₀、PM_{2.5}、NO₂及NO等）亦與真菌過敏原及內毒素的濃度變化有關。在健康影響方面，本研究發現多種真菌孢子（如*Torula*、*Cladosporium*、*Stemphylium*、*Nigrospora*及Rusts）、環境因子（如溫度、風速、降雨量及PM_{2.5}）會影響過敏性疾病的就診人次。此外，本研究也有探討延遲效應與就診人次間的關係，結果發現前一天至前五天的環境暴露皆有可能影響就診人次，因此在評估環境因子的健康危害時，除了立即影響外，應考慮可能的延遲效應。

未來的研究應進一步瞭解大氣中生物性微粒引起呼吸道疾病的閾值，並評估生物性微粒與空氣污染物及氣象因子對過敏性疾病的個別及共同危害，以降低我國居民的健康風險，提昇生活品質。

文獻

Adhikari, A., Reponen, T. et al. (2006). "Correlation of ambient inhalable bioaerosols with particulate matter and ozone: A two-year study." Environmental Pollution **140**(1): 16-28.

Aira, M. J., Rojas, T. I. et al. (2002). "Fungi associated with three houses in Havana (Cuba)." Grana **41**(2): 114-118.

Anderson, H. R., Gupta, R. et al. (2007). "50 years of asthma: UK trends from 1955 to 2004." Thorax **62**(1): 85-90.

Anderssen, R. S., Osborne, B. G. et al. (2003). "The application of localisation to near infrared calibration and prediction through partial least squares regression." Journal of near Infrared Spectroscopy **11**(1): 39-48.

Angulo-Romero, J., Mediavilla-Molina, A. et al. (1999). "Conidia of *Alternaria* in the atmosphere of the city of Cordoba, Spain in relation to meteorological parameters." International journal of biometeorology **43**(1): 45-49.

Arundel, A. V., Sterling, E. M. et al. (1986). "Indirect health effects of relative humidity in indoor environments." Environ Health Perspect **65**: 351-361.

Basilico, M. D. L. Z., Chiericatti, C. et al. (2007). "Influence of environmental factors on airborne fungi in houses of Santa Fe city, Argentina." Science of the Total Environment **376**(1-3): 143-150.

Bauer, H., Schueller, E. et al. (2008). "Significant contributions of fungal spores to the organic carbon and to the aerosol mass balance of the urban atmospheric aerosol." Atmospheric Environment **42**(22): 5542-5549.

Black, P. N., Udy, A. A. et al. (2000). "Sensitivity to fungal allergens is a risk factor for life-threatening asthma." Allergy **55**(5): 501-504.

Burch, M. and Levetin E. (2002). "Effects of meteorological conditions on spore plumes." International journal of biometeorology **46**(3): 107-117.

Burge, H. A. (2002). "An update on pollen and fungal spore aerobiology." The Journal of allergy and clinical immunology **110**(4): 544-552.

Burge, H. A. and Rogers C. A. (2000). "Outdoor allergens." Environmental Health Perspectives **108 Suppl 4**: 653-659.

- Bush, R. K. (1989). "Aerobiology of pollen and fungal allergens." Journal of Allergy and Clinical Immunology **84**(6 Pt 2): 1120-1124.
- Bush, R. K. and Prochnau J. J. (2004). "Alternaria-induced asthma." The Journal of allergy and clinical immunology **113**(2): 227-234.
- Calderón, C., Lacey, J. et al. (1997). "Influence of urban climate upon distribution of airborne Deuteromycete spore concentrations in Mexico city." International Journal of Biometeorology **40**: 71-80.
- Ceylan, E., Ozkutuk, A. et al. (2006). "Fungi and indoor conditions in asthma patients." Journal of Asthma **43**(10): 789-794.
- Chakraborty, P., Gupta-Bhattacharya, S. et al. (2001). "Differences in concentrations of allergenic pollens and spores at different heights on an agricultural farm in West Bengal, India." Ann Agric Environ Med **8**(2): 123-130.
- Chan, T. C., Chen, M. L. et al. (2009). "Spatiotemporal analysis of air pollution and asthma patient visits in Taipei, Taiwan." Int J Health Geogr **8**: 26.
- Cheng, J. Y. W., Lau, A. P. S. et al. (2008). "Assessment of the atmospheric fungal prevalence through field ergosterol measurement I - Determination of the specific ergosterol content in common ambient fungal spores and yeast cells." Atmospheric Environment **42**(22): 5526-5533.
- Crawford, C., Reponen, T. et al. (2009). "Temporal and spatial variation of indoor and outdoor airborne fungal spores, pollen, and (1 → 3)-beta-d-glucan." Aerobiologia **25**(3): 147-158.
- Cvetnić, Z. and Pepeljnjak S. (1997). "Distribution and mycotoxin-producing ability of some fungal isolates from the air." Atmospheric Environment **31**(3): 491-495.
- Dales, R. E., Cakmak, S. et al. (2000). "Influence of ambient fungal spores on emergency visits for asthma to a regional children's hospital." Am J Respir Crit Care Med **162**(6): 2087-2090.
- Das, S. and Gupta-Bhattacharya S. (2008). "Enumerating outdoor aeromycota in suburban West Bengal, India, with reference to respiratory allergy and meteorological factors." Annals of Agricultural and Environmental Medicine **15**(1): 105-112.
- Denning, D. W., O'Driscoll, B. R. et al. (2006). "The link between fungi and severe asthma: a summary of the evidence." European Respiratory Journal **27**(3): 615-626.
- Dockery, D. W. and Pope, C. A. 3rd (1994). "Acute respiratory effects of particulate air pollution." Annu Rev Public Health **15**: 107-132.

- Douwes, J., Doekes, G. et al. (1997). "An immunoassay for the measurement of (1-->3)-beta-D-glucans in the indoor environment." Mediators Inflamm **6**(4): 257-262.
- Douwes, J., Thorne, P. et al. (2003). "Bioaerosol health effects and exposure assessment: Progress and prospects." Annals of Occupational Hygiene **47**(3): 187-200.
- El-Morsy, E. S. M. (2006). "Preliminary survey of indoor and outdoor airborne microfungi at coastal buildings in Egypt." Aerobiologia **22**(3): 197-210.
- Elbert, W., Taylor, P. E. et al. (2007). "Contribution of fungi to primary biogenic aerosols in the atmosphere: wet and dry discharged spores, carbohydrates, and inorganic ions." Atmospheric Chemistry and Physics **7**(17): 4569-4588.
- Fang, Z. G., Ouyang, Z. Y. et al. (2005). "Culturable airborne fungi in outdoor environments in Beijing, China." Science of the Total Environment **350**(1-3): 47-58.
- Garrett, M. H., Rayment, P. R. et al. (1998). "Indoor airborne fungal spores, house dampness and associations with environmental factors and respiratory health in children." Clinical and Experimental Allergy **28**(4): 459-467.
- Gelber, L. E., Seltzer, L. H. et al. (1993). "Sensitization and exposure to indoor allergens as risk factors for asthma among patients presenting to hospital." American Review of Respiratory Disease **147**(3): 573-578.
- Gershwin, L. J. (2003). "Effects of air pollutants on development of allergic immune responses in the respiratory tract." Clin Dev Immunol **10**(2-4): 119-126.
- Gottwald, T. R., T. M. Trocine, et al. (1997). "A Computer-Controlled Environmental Chamber for the Study of Aerial Fungal Spore Release." Phytopathology **87**: 1078-1084.
- Gravesen, S. (1979). "Fungi as a cause of allergic disease." Allergy and Asthma Proceedings **34**(3): 135-154.
- Green, B. J., Dettmann, M. et al. (2004). "Atmospheric Poaceae pollen frequencies and associations with meteorological parameters in Brisbane, Australia: a 5-year record, 1994-1999." International journal of biometeorology **48**(4): 172-178.
- Green, B. J., Mitakakis, T. Z. et al. (2003). "Allergen detection from 11 fungal species before and after germination." Journal of Allergy and Clinical Immunology **111**(2): 285-289.
- Hameed, A. B., Goodwin, T. M. et al. (2007). "Effect of pulmonary stenosis on pregnancy outcomes--a case-control study." American Heart Journal **154**(5): 852-854.

- Ho, H. M., Rao, C. Y. et al. (2005). "Characteristics and determinants of ambient fungal spores in Hualien, Taiwan." Atmospheric Environment **39**(32): 5839-5850.
- Horner, W. E., Helbling, A. et al. (1995). "Fungal allergens." Clinical microbiology reviews **8**(2): 161-179.
- Hsieh, K. H. and Shen J. J. (1988). "Prevalence of childhood asthma in Taipei, Taiwan, and other Asian Pacific countries." Journal of Asthma **25**(2): 73-82.
- Inouye, T., Tarlo, eS. t al. (1985). "Severity of asthma in skin test-negative and skin test-positive patients." The Journal of allergy and clinical immunology **75**(2): 313-319.
- Jaakkola, M. S., Ieromnimon, A. et al. (2006). "Are atopy and specific IgE to mites and molds important for adult asthma?" Journal of Allergy and Clinical Immunology **117**(3): 642-648.
- Jones, A. M. and Harrison R. M. (2004). "The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations - a review." Science of the Total Environment **326**(1-3): 151-180.
- Karihaloo, C., Tovey, E. R. et al. (2002). "Evidence for the genetic control of immunoglobulin E reactivity to the allergens of *Alternaria alternata*." Clinical and Experimental Allergy **32**(9): 1316-1322.
- Kasprzyk, I. and Worek M. (2006). "Airborne fungal spores in urban and rural environments in Poland." Aerobiologia **22**(3): 169-176.
- Katial, R. K., Zhang, Y. et al. (1997). "Atmospheric mold spore counts in relation to meteorological parameters." International journal of biometeorology **41**(1): 17-22.
- Khan, Z. U., Khan, M. A. Y. et al. (1999). "Aspergillus and other moulds in the air of Kuwait." Mycopathologia **146**(1): 25-32.
- Kurup, V. P., Shen, H. D. et al. (2000). "Respiratory fungal allergy." Microbes and Infection **2**(9): 1101-1110.
- Le Goff, O., Bru-Adan, V. et al. (2010). "The microbial signature of aerosols produced during the thermophilic phase of composting." Journal of Applied Microbiology **108**(1): 325-340.
- Leach, C. M., Hildebrand, eP. D. t al. (1982). "Sporangium Discharge by *Peronospora destructor*: Influence of Humidity, Red-Infrared Radiation, and Vibration." Phytopathology **72**: 1052-1056.
- Lee, J. H. and Jo W. K. (2005). "Exposure to airborne fungi and bacteria while commuting in passenger cars and public buses." Atmospheric Environment **39**(38):

7342-7350.

Lee, T., Grinshpun, S. A. et al. (2006). "Relationship between indoor and outdoor airborne fungal spores, pollen, and (1 → 3)-beta-D-glucan in homes without visible mold growth." *Aerobiologia* **22**(3): 227-236.

Levetin, E. and Horner W. E. (2002). "Fungal aerobiology: Exposure and measurement." *Fungal Allergy and Pathogenicity* **81**: 10-27.

Lewis, S. A., Corden, J. M. et al. (2000). "Combined effects of aerobiological pollutants, chemical pollutants and meteorological conditions on asthma admissions and A & E attendances in Derbyshire UK, 1993-96." *Clinical and Experimental Allergy* **30**(12): 1724-1732.

Liao, C. M. and Luo W. C. (2005). "Use of temporal/seasonal- and size-dependent bioaerosol data to characterize the contribution of outdoor fungi to residential exposures." *Science of the Total Environment* **347**(1-3): 78-97.

Liao, C. M., Luo, W. C. et al. (2004). "Temporal/seasonal variations of size-dependent airborne fungi indoor/outdoor relationships for a wind-induced naturally ventilated airspace." *Atmospheric Environment* **38**(26): 4415-4419.

Menetrez, M. Y., Foarde, K. K. et al. (2001). "An analytical method for the measurement of nonviable bioaerosols." *Journal of the Air & Waste Management Association* **51**(10): 1436-1442.

Menetrez, M. Y., Foarde, K. K. et al. (2007). "The measurement of ambient bioaerosol exposure." *Aerosol Science and Technology* **41**(9): 884-893.

Menetrez, M. Y., Foarde, K. K. et al. (2009). "An evaluation of indoor and outdoor biological particulate matter." *Atmospheric Environment* **43**(34): 5476-5483.

Michel, O., Duchateau, J. et al. (1995). "Blood inflammatory response to inhaled endotoxin in normal subjects." *Clinical and Experimental Allergy* **25**(1): 73-79.

Michel, O., Kips, J. et al. (1996). "Severity of asthma is related to endotoxin in house dust." *Am J Respir Crit Care Med* **154**(6 Pt 1): 1641-1646.

Morgenstern, V., Carty, C. L. et al. (2005). "Lack of spatial variation of endotoxin in ambient particulate matter across a German metropolitan area." *Atmospheric Environment* **39**(36): 6931-6941.

Moss, R. B. (2005). "Pathophysiology and immunology of allergic bronchopulmonary aspergillosis." *Medical Mycology* **43** **Suppl 1**: S203-206.

Mueller-Anneling, L., Avol, E. et al. (2004). "Ambient endotoxin concentrations in

PM10 from Southern California." Environmental Health Perspectives **112**(5): 583-588.

O'Gorman, C. M. and Fuller H. T. (2008). "Prevalence of culturable airborne spores of selected allergenic and pathogenic fungi in outdoor air." Atmospheric Environment **42**(18): 4355-4368.

Oliveira, M., Ribeiro, H. et al. (2005). "Annual variation of fungal spores in atmosphere of Porto: 2003." Ann Agric Environ Med **12**(2): 309-315.

Oliveira, M., Ribeiro, H. et al. (2005). "Annual variation of fungal spores in atmosphere of Porto: 2003." Annals of Agricultural and Environmental Medicine **12**(2): 309-315.

Oliveira, M., Ribeiro, eH. t al. (2009). "The effects of meteorological factors on airborne fungal spore concentration in two areas differing in urbanisation level." International journal of biometeorology **53**(1): 61-73.

Oliveira, M., Ribeiro, H. et al. (2009). "Seasonal and intradiurnal variation of allergenic fungal spores in urban and rural areas of the North of Portugal." Aerobiologia **25**(2): 85-98.

Omland, O. (2002). "Exposure and respiratory health in farming in temperate zones--a review of the literature." Ann Agric Environ Med **9**(2): 119-136.

Ozkara, A., Ocak, I. et al. (2007). "Determination of fungal air spora in Afyonkarahisar, Turkey." Mycotaxon **102**: 199-202.

Panaccione, D. G. and Coyle C. M. (2005). "Abundant respirable ergot alkaloids from the common airborne fungus *Aspergillus fumigatus*." Applied and Environmental Microbiology **71**(6): 3106-3111.

Pearce, N., Ait-Khaled, N. et al. (2007). "Worldwide trends in the prevalence of asthma symptoms: phase III of the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC)." Thorax **62**(9): 758-766.

Ribeiro, H., Abreu, I. et al. (2005). "Aeropalynological study of *Vitis vinifera* in the Braga region (1999-2003)." Aerobiologia **21**(2): 131-138.

Rietschel, E. T. and Brade H. (1992). "Bacterial endotoxins." Sci Am **267**(2): 54-61.

Rylander, R., Bake, B. et al. (1989). "Pulmonary function and symptoms after inhalation of endotoxin." American Review of Respiratory Disease **140**(4): 981-986.

Sabariego, S., Guardia, C. D. de la et al. (2000). "The effect of meteorological factors on the daily variation of airborne fungal spores in Granada (southern Spain)." International journal of biometeorology **44**(1): 1-5.

Sarpong, S. B. and Karrison T. (1998). "Skin test reactivity to indoor allergens as a marker of asthma severity in children with asthma." Ann Allergy Asthma Immunol **80**(4): 303-308.

Sautour, M., Sixt, N. et al. (2009). "Profiles and seasonal distribution of airborne fungi in indoor and outdoor environments at a French hospital." Science of the Total Environment **407**(12): 3766-3771.

Schwartz, D. A., Thorne, P. S. et al. (1995). "The role of endotoxin in grain dust-induced lung disease." Am J Respir Crit Care Med **152**(2): 603-608.

Segvic, M. and Pepeljnjak S. (2003). "Distribution and fumonisin B-1 production capacity of *Fusarium moniliforme* isolated from corn in Croatia." Periodicum Biologorum **105**(3): 275-279.

Sen, B. and Asan A. (2009). "Fungal flora in indoor and outdoor air of different residential houses in Tekirdag City (Turkey): Seasonal distribution and relationship with climatic factors." Environmental Monitoring and Assessment **151**(1-4): 209-219.

Simon-Nobbe, B., Denk, U. et al. (2008). "The spectrum of fungal allergy." Int Arch Allergy Immunol **145**(1): 58-86.

Smid, T., Heederik, D. et al. (1992). "Dust- and endotoxin-related respiratory effects in the animal feed industry." American Review of Respiratory Disease **146**(6): 1474-1479.

Solomon, G. M., Hjelmroos-Koski, M. et al. (2006). "Airborne mold and endotoxin concentrations in New Orleans, Louisiana, after flooding, October through November 2005." Environmental Health Perspectives **114**(9): 1381-1386.

Sonesson, A., Jantzen, E. et al. (1994). "Composition of 2,3-Dihydroxy Fatty Acid-Containing Lipopolysaccharides from *Legionella-Israelensis*, *Legionella-Maceachernii* and *Legionella-Micdadeie*." Microbiology-Uk **140**: 1261-1271.

Sousa, S. I. V., Martins, F. G. et al. (2008). "Influence of atmospheric ozone, PM10 and meteorological factors on the concentration of airborne pollen and fungal spores." Atmospheric Environment **42**(32): 7452-7464.

Sporik, R., Holgate, S. T. et al. (1990). "Exposure to house-dust mite allergen (Der p I) and the development of asthma in childhood. A prospective study." N Engl J Med **323**(8): 502-507.

Sykes, P., Jones, K. et al. (2007). "Managing the potential public health risks from bioaerosol liberation at commercial composting sites in the UK: An analysis of the evidence base." Resources Conservation and Recycling **52**(2): 410-424.

Targonski, P. V., Persky, V. W. et al. (1995). "Effect of environmental molds on risk of death from asthma during the pollen season." The Journal of allergy and clinical immunology **95**(5 Pt 1): 955-961.

Timmer, L. W., Solel, Z. et al. (1998). "Environmental factors affecting production, release, and field populations of conidia of *Alternaria alternata*, the cause of brown spot of citrus." Phytopathology **88**: 1218-1223.

Tolbert, P. E., Klein, M. et al. (2000). "Interim results of the study of particulates and health in Atlanta (SOPHIA)." Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology **10**(5): 446-460.

Troutt, C. and Levetin E. (2001). "Correlation of spring spore concentrations and meteorological conditions in Tulsa, Oklahoma." International journal of biometeorology **45**(2): 64-74.

Tsai, H. J., Tsai, A. C. et al. (2006). "Risk factors for respiratory symptoms and asthma in the residential environment of 5th grade schoolchildren in Taipei, Taiwan." Journal of Asthma **43**(5): 355-361.

Tsuang, H. A., Su, H. J. J. et al. (2003). "Effects of changing risk factors on increasing asthma prevalence in southern Taiwan." Paediatric and Perinatal Epidemiology **17**(1): 3-9.

Wang, J., Visness, C. M. et al. (2009). "Effect of environmental allergen sensitization on asthma morbidity in inner-city asthmatic children." Clinical and Experimental Allergy **39**(9): 1381-1389.

Wu, P. C., Su, H. J. et al. (2000). "Characteristics of indoor and outdoor airborne fungi at suburban and urban homes in two seasons." Science of the Total Environment **253**(1-3): 111-118.

Wu, P. C., Tsai, J. C. et al. (2004). "Increased levels of ambient fungal spores in Taiwan are associated with dust events from China." Atmospheric Environment **38**(29): 4879-4886.

Wu, Y. H., Chan, C. C. et al. (2007). "Characteristics, determinants, and spatial variations of ambient fungal levels in the subtropical Taipei metropolis." Atmospheric Environment **41**(12): 2500-2509.

Yan, D. C., Ou, L. S. et al. (2005). "Prevalence and severity of symptoms of asthma, rhinitis, and eczema in 13- to 14-year-old children in Taipei, Taiwan." Ann Allergy Asthma Immunol **95**(6): 579-585.

Zhong, W., Levin, L. et al. (2006). "Analysis of short-term influences of ambient aeroallergens on pediatric asthma hospital visits." Science of the Total Environment

370(2-3): 330-336.

Zureik, M., Neukirch, C. et al. (2002). "Sensitisation to airborne moulds and severity of asthma: cross sectional study from European Community respiratory health survey." British Medical Journal **325**(7361): 411-414.

方盈禎 (2006). "台北地區大氣中真菌孢子與真菌過敏原之粒徑分佈與特性探討." 碩士論文.

王明煌 (2007). "台北地區大氣中內毒素與真菌過敏原之特性與決定因子." 碩士論文.

陳伯鑫 (2008). "大氣中生物性微粒之特性及健康效應." 碩士論文.



附錄

壹、*Alternaria alternata* 過敏原分析步驟

1. 將微量孔盤編號，加入11ml 的50mM carbonate-bicarbonate buffer，再以 tip 從冷凍小管取11 μ l 的mAb 121，充分混合後，以vortex 振勻，在微量孔盤內每個well 加入100 μ l 上述的抗體。以parafilm 覆蓋，於4°C下培養到隔夜。
2. 以PBS-T 洗3 次微量孔盤，清洗後加入100 μ l 1% BSA PBS-T 到96 孔盤中，以parafilm 覆蓋，於室溫下培養30 分鐘。
3. 以PBS-T 洗3 次，在正確的well 中加入100 μ l 的BSA PBS-T 及200 μ l sample。
4. 配置*Alt a 1* Standard 檢量線。以Pipette 取45 μ l 的1% BSA PBS-T 於透明無蓋的小管中，再以單支滅菌的tip 取5 μ l *Alt a 1* 標準品加到上述小管中，以Pipette充分混合，再將混合好的溶液取30 μ l 加入含有570 μ l 1% BSA PBS-T 的透明無蓋小管中，以Pipette 混合做稀釋待用。
5. 取200 μ l 的sample 及過敏原標準溶液，加到適當的well 中，做2 倍稀釋，之後以parafilm 覆蓋，於室溫下培養1 小時。
6. 以PBS-T 洗3 次。在50ml 離心管中加入11ml 的1% BSA-PBS-T，再加入11 μ l 的biotinylated anti-*Alt a 1* mAb 121，以vortex 振勻，於每個well 中加入100 μ l 的上述抗體。以parafilm 覆蓋，於室溫下培養1 小時。
7. 以PBS-T 洗3 次。在50ml 離心管中加入11ml 的1%BSA-PBS-T，再取11 μ l Streptavidin-Peroxidase，以vortex 振勻再倒入boat 中。每well 中加入100 μ l 上述液體，於室溫下培養30 分鐘。
8. 以PBS-T 洗3 次。在50ml 離心管中加入11ml 的1mM ABTS，再加入11 μ l 30 %H₂O₂，mix6 次，以vortex 振勻，快速的將100 μ l 的developing solution 加到微量孔盤中。（注意每個well 中不可以有氣泡）
9. 立即使用ELISA reader，在405nm 下，讀取OD 值，最後換算濃度。

貳、*Aspergillus fumigatus* 過敏原分析步驟

1. 將微量孔盤編號，加入11ml 的50mM carbonate-bicarbonate buffer，再以 tip 從冷凍小管取11 μ l 的mAb 4A6，混和6 次後，以vortex 振勻，在微量孔盤內每個well 加入100 μ l 上述的抗體。以parafilm 覆蓋，於4°C下培養到隔夜。
2. 以PBS-T 洗3 次微量孔盤，清洗後加入100 μ l 1% BSA PBS-T 到96 孔盤中，以parafilm 覆蓋，於室溫下培養30 分鐘。
3. 以PBS-T 洗3 次，在正確的well 中加入100 μ l 的BSA PBS-T。
4. 配置*Asp f 1* Standard 檢量線。以Pipette 取180 μ l 的1% BSA PBS-T 於透明無蓋的小管中，再以單支滅菌的tip 取20 μ l *Asp f 1* 標準品加到上述小管中，以Pipette 充分混合，再將混合好的溶液取150 μ l 加入含有450 μ l 1% BSA PBS-T的透明無蓋小管中，以Pipette 混合做稀釋待用。
5. 取200 μ l 的sample 及過敏原標準溶液，加到適當的well 中，做2 倍稀釋，之後以parafilm 覆蓋，於室溫下培養1 小時。
6. 以PBS-T 洗3 次。在50ml 離心管中加入11ml 的1% BSA-PBS-T，再加入11 μ l 的Rabbit anti-*Asp f 1*，以vortex 振勻，於每個well 中加入100 μ l 的上述抗體。以parafilm 覆蓋，於室溫下培養1 小時。
7. 以PBS-T 洗3 次。在50ml 離心管中加入11ml 的1%BSA-PBS-T，再取11 μ l Peroxidase conjugated Goat anti Rabbit IgG，以vortex 振勻再倒入boat 中。每well 中加入100 μ l 上述液體，於室溫下培養1 小時。
8. 以PBS-T 洗3 次。在50ml 離心管中加入11ml 的1mM ABTS，再加入11 μ l 30 %H₂O₂，mix6 次，以vortex 振勻，快速的將100 μ l 的developing solution 加到微量孔盤中。（注意每個well 中不可以有氣泡）
9. 立即使用ELISA reader，在405nm 下，讀取OD 值，最後換算濃度。

參、*Cladosporium Herbarum* 過敏原分析步驟

1. 將微量盤編號後，取11 ml carbonate-bicarbonate buffer 到離心管中，再取55 μ l之50 μ g/ml *Cladosporium Herbarum* 加入，混合後，用vortex 震盪，將100 μ l 的上述溶液加到每個well。以parafilm 覆蓋後，於4°C 下培養隔夜。
2. 以PBS-T 洗3 次微量盤。
3. 將well 中未有連結antigen 的地方block 住。將100 μ l 的1% BSA PBS-T 加到每個well。以parafilm 覆蓋後，培養1 小時。
4. 以PBS-T 洗3 次，於適當的well 中加入50 μ l 的1% BSA PBS-T。
5. 配置*Cl a h 1* 檢量線。取300 μ l 1% BSA PBS-T，再加入3 μ l reference extract，混合後，用vortex 震盪。
6. 取75 μ l 標準品及樣本加入正確的well 中，進行3 倍稀釋。
7. 取7.5 ml 1% BSA PBS-T，再取3 μ l Rabbit Anti-*Cladosporium Herbarum* 加入，混合後，用vortex 震盪。倒入Boat。於每個well 中加入50 μ l 上述溶液，以parafilm 覆蓋後，於室溫下培養4 小時。
8. 以PBS-T 洗5 次。
9. 取11 ml 1% BSA PBS-T，再加入11 μ l anti-rabbit IgG，混合後，用vortex 震盪。於每個well 中加入上述配製好的溶液，以parafilm 覆蓋後，於室溫下培養1小時。
10. 以PBS-T 洗5 次。
11. 取11 ml ABTS，再加入11 μ l H2O2，混合後，以vortex 震盪。快速地在每個well中加入100 μ l 的上述溶液。（注意well 中不可以有任何氣泡）
12. 立即使用 ELISA reader，在 405nm 下，讀取 OD 值，最後換算濃度。