

# 國際台北花卉博覽會展場空氣中微生物菌種與濃度分布

陳郁婷<sup>1</sup> 張靜文<sup>1,2,\*</sup> 洪念慈<sup>3</sup>

**目標：**了解台北國際花卉博覽會展區空氣中微生物濃度與菌群分布特性。**方法：**於二室內展區(爭艷館與未來館)與三戶外展區(爭艷館外七道彩虹花園區、地景花海區與林下花園花海區)定量空氣中細菌及真菌濃度並鑑定菌群。**結果：**未來館真菌濃度( $394.9 \pm 326.9$  cfu/m<sup>3</sup>)最高，顯著高於爭艷館( $177.6 \pm 74.6$  cfu/m<sup>3</sup>) ( $p < 0.05$ )，且7%未來館樣本真菌濃度高於環保署室內空氣品質真菌建議值(1000 cfu/m<sup>3</sup>)。細菌方面則以林下花園花海區濃度最高( $340.3 \pm 187.6$  cfu/m<sup>3</sup>)，爭艷館次之( $299.6 \pm 171.5$  cfu/m<sup>3</sup>)；且爭艷館內細菌濃度顯著高於爭艷館外七道彩虹花園區( $149.7 \pm 74.7$  cfu/m<sup>3</sup>) ( $p < 0.05$ )。五展區均以革蘭氏陽性桿菌為主(67.5%~82.7%)，革蘭氏陽性球菌次之(7.9%~14.6%)。真菌亦不分展區皆以*Cladosporium*為主(46.4%~73.7%)，*Penicillium*次之(4.1%~27.7%)。**結論：**花博展區空氣中微生物濃度並無顯著增高現象，僅有少部分室內展場樣本超過環保署建議值，顯示透過適當空調與環境管理，可有效控制大型花展室內空氣中微生物濃度。(台灣衛誌 2012；31(3)：277-284)

**關鍵詞：**花卉博覽會、空氣、真菌、細菌

## 前 言

國際台北花卉博覽會吸引約九百萬人次的參觀人潮，無論是宛如室內叢林的未來館，或是壯觀的大型室外花海，皆為遊客聚集與駐足的焦點。大量的植栽與高遊客密度也成為微生物孳生與聚集的有利條件。雖然近年來研究曾針對室內(如：長期照護機構)與室外(如：花園)環境進行空氣品質監測[1,2]，然目前國內外仍欠缺對大型國際園藝展場的環境微生物調查。另一方面，為維護

室內公共場所之空氣品質，我國行政院環境保護署已公布包含真菌與細菌在內之「室內空氣品質建議值」[3]，並推動業者以自主管理精神進行空氣品質的監測與管理；而其母法「室內空氣品質管理法」亦已於2011年11月於立法院三讀通過，即將於2012年實施[4]。根據現行環保署室內空氣品質建議值[3]，對於第一類場所(係指對室內空氣品質有特別需求之場所，包括：學校及教育場所、兒童遊樂場所、醫療場所、老人或殘障照護場所等)，其室內空氣中細菌濃度不得超過500 cfu/m<sup>3</sup>，第二類場所(係指大眾聚集之公共場所及辦公大樓等)則不得超過1,000 cfu/m<sup>3</sup>；而空氣中真菌濃度亦不得超過1,000 cfu/m<sup>3</sup> (第一、二類場所均同)。

有鑒於目前對大型國際園藝展館空氣中微生物現況所知有限，加以國內已建立室內空氣品質建議值可供參酌，故本研究在台北花博展出期間，於二室內展區(爭艷館與未

<sup>1</sup> 國立台灣大學公共衛生學系

<sup>2</sup> 國立台灣大學環境衛生研究所

<sup>3</sup> 國立台灣大學職業醫學與工業衛生研究所

\* 通訊作者：張靜文

聯絡地址：台北市中正區徐州路17號

E-mail: chingwenchang@ntu.edu.tw

投稿日期：101年1月12日

接受日期：101年5月16日

來館)與三戶外花海區(爭艷館外之七道彩虹花圃區、地景花海區以及林下花園花海區)進行為期十四週空氣細菌及真菌濃度監測。採樣同時亦記錄展區之溫度、濕度、風速、遊客密度以及灑水系統使用狀況。透過資料分析,希望可把握此難得機會提供大型國際園藝展場微生物濃度與分布特性數據,同時將本研究所得結果與環保署「室內空氣品質建議值」中細菌與真菌閾值加以比較,以瞭解空氣品質管理於微生物部分之成效。

## 材料及方法

### 一、展區及採樣點選取

為瞭解室內外展區微生物的分布狀況,本研究共選取二室內展區及三戶外花海區進行採樣。室內展區分別為圓山園區的爭艷館與新生園區的未來館。室外展區則為爭艷館外的七道彩虹花圃區、地景花海區以及林下花園花海區。爭艷館及未來館展區皆有室內送風以及噴霧系統,而戶外展區則設有自動澆花灑水系統。採樣期間自2011年1月19日至4月25日,為期14週。每週於非假日及例假日各進行一日的採樣。

考慮每個展區內展示品擺設以及遊客動線,各設置2-5個採樣點。採樣點設置原則為:(1)不影響遊客動線,(2)遠離自動灑水系統(3)避開空調出風及迴風口,以防灑水系統及空氣灌流造成微生物分布的干擾。依此原則,室內展場部分,爭艷館因考慮內部展示品與遊客人數眾多,為避免影響參觀動線,僅於二靠近樑柱處進行採樣點。未來館因以各類植物展示為主,故選取熱帶植物區、多肉植物區、溫帶植物區、高山植物區、以及蘭花共生蕨類區五區作為採樣點。至於三戶外花海花圃區則均設置四個採樣點。每週於每一展區同一採樣點進行非假日及例假日採樣,隔週再依序更換該展區之採樣點。採樣時除採集空氣中細菌與真菌外,同時記錄溫度、濕度、風速及遊客密度。

### 二、環境監測

空氣中細菌及真菌之採樣,係使用

生物氣膠採樣器-Microbial Air Monitoring Systems (MAS-100, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) - 於流量100 L/min下採樣2.5分鐘。MAS-100內裝有Tryptase Soy Agar (TSA, 45 mL, Difco, USA)以採集可培養細菌,或是Malt Extract Agar (MEA, 45 mL, Difco, USA)採集可培養真菌,每次採樣時均進行二重複樣本之收集。採集後樣本培養皿以石蠟膜封妥,並於一小時內在室溫下送至實驗室,立即置入培養箱中培養。

空氣之溫濕度及風速係利用直讀式風速儀TSI VelociCalc Plus (Incorporated 8386A-M-GB, TSI, Shoreview, U.S.A)進行量測並記錄採樣時周圍灑水系統是否開啟及遊客人數。有關遊客密度(人/m<sup>2</sup>)之計算方式,未來館係以每一區域中遊客可行進之展示面積為其分母而得之,其他四個展區則以MAS-100採樣器為中心之25平方公尺為範圍內計得之人數而得。本研究共採集114件細菌與114件真菌樣本,並記錄94筆風速、92筆溫濕度與114筆遊客密度資料;其中因儀器異常致使風速與溫濕度數據未達114筆。

### 三、微生物分析

TSA樣本於37°C培養箱中培養2-3日後進行菌落計數及初步的菌落外型分類,並從中挑選不同外型之菌落轉至TSA培養基上培養1-2日以進行純化,純化後之菌落以革蘭氏染色並於1000倍光學顯微鏡(Lieca DM 2500, Houston, U.S.A)下觀察,依染色結果與細菌型態加以分類。MEA樣本則於室溫(25°C)下培養5-7日後進行菌落計數,並依菌落外型鑑定是否為*Alternaria*、*Aspergillus*、*Cladosporium*、*Penicillium*、*Fusarium*或Yeasts,非屬上列菌種者則取其孢子轉至MEA培養基並培養3-5日進行純化。純化後以乳酚棉酯藍(Lactophenol cotton blue, LPCB)染色並配合圖譜[5]於1000倍光學顯微鏡(Lieca DM 2500)下進行鑑定。

空氣中細菌與真菌濃度(cfu/m<sup>3</sup>)計算方式係將每個樣本所得之菌落數經MAS-100校正表(positive hole conversion table)[6]校正後,除以採樣體積而得,並自二重複樣本

中取其平均值以代表該日該地點之微生物濃度，依此進行後續資料分析。

#### 四、資料管理及統計分析

本研究使用Microsoft Office Excel進行資料之建檔及管理。描述性資料的呈現及統計分析則分別使用Microsoft Office Excel及SAS9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC)軟體進行資料處理。室內外展區間微生物濃度比較係以Mann-Whitney U test檢定數據之統計差異，至於五展區間之微生物濃度則先以Kruskal-Wallis test檢定是否達統計顯著差異，再經Least Significance Difference (LSD)事後檢定分析。

### 結 果

細菌採樣結果顯示(表一)，二室內展區之細菌平均濃度( $277.1 \pm 137.3$  cfu/m<sup>3</sup>)較室外展區平均濃度( $203.1 \pm 154.7$  cfu/m<sup>3</sup>)為高。而五個展區間則以林下花海區細菌平均濃度最

高( $340.3 \pm 187.6$  cfu/m<sup>3</sup>)，爭艷館次之( $299.6 \pm 171.5$  cfu/m<sup>3</sup>)，且爭艷館內細菌平均濃度較另一室內展區—未來館( $261.0 \pm 107.2$  cfu/m<sup>3</sup>)為高；而此二室內展區之細菌濃度均顯著高於室外展區之地景花海區及爭艷館外展區( $119.3-149.7$  cfu/m<sup>3</sup>,  $p < 0.05$ )，林下花海區細菌濃度亦顯著高於未來館、地景花海區及爭艷館外展區( $p < 0.05$ )；其餘各展區間之細菌濃度則未達統計顯著差異。

114件真菌樣本中有6樣本經培養後為TNTC (Too numerous to count)，故將可計數之108件樣本所得濃度進行Mann-Whitney U test、Kruskal-Wallis test及事後檢定分析。結果如表二所示，二室內展區真菌平均濃度為 $283.1 \pm 271.7$  cfu/m<sup>3</sup>，略高於三室外展區之平均濃度( $251.1 \pm 151.1$  cfu/m<sup>3</sup>)，但未達統計顯著( $p = 0.35$ )。五展區中以未來館之真菌濃度( $349.9$  cfu/m<sup>3</sup>)最高，顯著高於爭艷館內與爭艷館外展區濃度( $177.6-197.1$  cfu/m<sup>3</sup>) ( $p < 0.05$ )；其餘各展區真菌濃度則未達統計顯著差異。至於室外展區中則以林下花海區

表一 各展區空氣中細菌濃度分布(cfu/m<sup>3</sup>)

展區	總樣本數	平均值	標準差	中位數	95% 信賴區間	最小,最大值
未來館	28	261.0 <sup>B</sup>	107.2	251	219.4, 302.6	66, 474
爭艷館	20	299.6 <sup>AB</sup>	171.5	257	219.4, 380.0	94, 726
爭艷館外	22	149.7 <sup>C</sup>	74.7	128	116.6, 182.9	28, 300
地景花海區	22	119.3 <sup>C</sup>	56.4	112	94.3, 144.3	22, 248
林下花海區	22	340.3 <sup>A</sup>	187.6	343	257.1, 423.5	30, 716
二室內展區	48	277.1	137.3	251	237.2, 317.0	66, 726
三室外展區	66	203.1	154.7	155	165.1, 241.1	22, 716

表中擁有相同大寫英文字母記號者表示經LSD事後檢定，該展區之細菌濃度未達統計顯著差異( $p \geq 0.05$ )

表二 各展區空氣中真菌濃度分布(cfu/m<sup>3</sup>)

展區	總樣本數	平均值	標準差	中位數	95%信賴區間	最小,最大值
未來館	30	349.9 <sup>A</sup>	326.9	275	227.9, 472.0	160, 1662
爭艷館	19	177.6 <sup>B</sup>	74.6	168	141.6, 213.5	60, 376
爭艷館外	20	197.1 <sup>B</sup>	86.4	183	156.6, 237.6	64, 430
地景花海區	19	257.2 <sup>AB</sup>	147.4	202	186.1, 328.2	94, 568
林下花海區	20	299.4 <sup>AB</sup>	189.9	246	210.5, 388.3	78, 762
二室內展區	49	283.1	271.7	230	205.1, 361.2	60, 1662
三室外展區	59	251.1	151.1	202	211.8, 290.5	64, 762

表中擁有相同大寫英文字母記號者表示經LSD事後檢定，該展區之真菌濃度未達統計顯著差異( $p \geq 0.05$ )

真菌濃度較高( $299.4 \pm 189.9 \text{ cfu/m}^3$ )。根據表一及表二的數據，進行爭艷館室內外細菌及真菌濃度比值(I/O)分析，結果顯示細菌濃度比值平均為1.53，顯示室內細菌濃度普遍高於室外，且室內細菌濃度最高可為室外濃度的五倍；反之，真菌濃度室內外比值平均為0.90。本研究亦比較各展區假日與非假日兩者間細菌與真菌濃度，發現不論地點與微生物類型，假日之細菌與真菌濃度皆高於非假日，但皆未達統計上顯著差異。

進一步依據我國環保署對第二類室內空氣品質建議值(細菌與真菌建議值皆為 $1,000 \text{ cfu/m}^3$ )檢視各室內展區空氣中微生物濃度，發現各展區皆未超過第二類場所細菌濃度建議值；然30件未來館樣本中共有2件之真菌濃度高於 $1,000 \text{ cfu/m}^3$ ，其出現日期及濃度分別為1月19日( $1374 \text{ cfu/m}^3$ )與4月11日( $1662 \text{ cfu/m}^3$ )。

細菌樣本經染色及外型分類後顯示(表三)，各展區皆以革蘭氏陽性(G(+))桿菌所佔比例最高(67.5%~82.7%)，其次為革蘭氏陽性球菌(7.9%~14.6%)，而革蘭氏陰性(G(-))桿菌及球菌分布比率分別為3.2%~7.6%與1.6%~3.7%。各展區之革蘭氏陽性桿菌分布百分率達統計顯著差異( $p=0.01$ )，其中以爭艷館、未來館及林下花海區之比率(78.8%~82.7%)顯著高於爭艷館外及地景花海區(67.5%~71.5%) ( $p<0.05$ )。除革蘭氏陽性桿菌分布百分率達顯著差異外，其餘三種細菌類型於各展區之分布百分率皆未達統計顯

著差異。

真菌樣本經LPCB染色及顯微鏡鏡檢後發現，在各展區中*Cladosporium*所佔的比例最高(46.4%~73.7%)，其次為*Penicillium* (4.1%~27.7%)、*Yeast* (7.1%~13.1%)與*non-sporulating fungi* (7.3%~13.2%)，而*Aspergillus*、*Fusarium*及*Alternaria*則均低於3%。Kruskal-Wallis test與LSD事後檢定顯示，室外三展區之*Cladosporium*所佔比例(68.6%~73.7%)均顯著高於室內之爭艷館與未來館(46.4%~53.6%) ( $p<0.05$ )；反之，室內二館之*Penicillium*分布比例(23.5%~27.7%)均顯著高於室外三展區(4.1%~6.2%) ( $p<0.05$ )。

表五為各展區溫度、相對濕度、風速及遊客密度。結果顯示平均溫度最高及最低者分別為爭艷館( $21.7^\circ\text{C}$ )及未來館( $19.3^\circ\text{C}$ )，但兩者差異不大，其中未來館因不同類別植栽須提供不同室溫，故其整體平均溫度較低且變異性較大。平均相對濕度最高者出現在爭艷館(70.7%)，未來館(68.3%)、林下花園花海區(61.7%)及地景花海區(60.1%)次之，最低者為爭艷館外之七道彩虹花園區(59.3%)；且二室內展區之相對濕度(68.3%與70.7%)均顯著高於三戶外展區(59.3%~61.7%) ( $p<0.05$ )；反之，三室外展區的平均風速(2.1 - 2.5 m/s)均顯著高於二室內展區(0.2與0.3 m/s) ( $p<0.05$ )。遊客密度方面，最高者為爭艷館( $6.9 \text{ 人/m}^2$ )，最低者為未來館( $4.0 \text{ 人/m}^2$ )，而室外展區的遊客密度則介於 $4.8\text{--}6.6 \text{ 人/m}^2$ 。

表三 不同展區各類細菌之分布百分率(%，平均值±標準差)

展區	G(+)球菌	G(-)球菌	G(+)桿菌	G(-)桿菌	其他
未來館	11.8 ± 8.8	2.8 ± 3.2	78.8 ± 12.4 <sup>A</sup>	3.7 ± 6.8	2.8 ± 8.3 <sup>B</sup>
爭艷館	9.0 ± 7.6	3.5 ± 4.0	82.6 ± 11.7 <sup>A</sup>	3.2 ± 4.8	1.4 ± 2.1 <sup>B</sup>
爭艷館外	14.6 ± 16.1	3.7 ± 4.0	71.5 ± 18.6 <sup>B</sup>	4.2 ± 5.4	6.0 ± 10.0 <sup>AB</sup>
地景花海區	10.6 ± 11.3	3.5 ± 4.9	67.5 ± 21.1 <sup>B</sup>	7.6 ± 8.0	10.8 ± 20.0 <sup>A</sup>
林下花海區	7.9 ± 10.1	1.6 ± 2.5	82.7 ± 17.9 <sup>A</sup>	6.7 ± 12.4	1.1 ± 2.5 <sup>B</sup>
p值(Kruskal-Wallis test)	0.20	0.44	0.01	0.20	<0.01
二室內展區	10.7 ± 8.4	3.1 ± 3.6	80.4 ± 12.1	3.5 ± 6.0	2.2 ± 6.4
三室外展區	11.1 ± 12.9	3.0 ± 4.0	73.8 ± 20.0	6.2 ± 9.0	6.0 ± 13.5
p 值 (Mann-Whitney U test)	0.36	0.49	0.22	0.15	0.01

表中擁有相同大寫英文字母記號者表示經LSD事後檢定，該展區之細菌分布百分率未達統計顯著差異( $p \geq 0.05$ )



表四 各展區真菌菌屬分布百分率(%),平均值±標準差)

展區	<i>Alternaria</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Fusarium</i>	Yeast	Non-Sporulating	Others
未來館	<0.1± 0.2	0.4± 0.6	53.6±22.8 <sup>B</sup>	23.5±12.3 <sup>A</sup>	1.3± 1.6	7.8± 7.1	13.2 ± 11.0	0.2 ± 0.4
爭艷館	0.1± 0.3	1.8± 3.7	46.4± 11.7 <sup>B</sup>	27.7± 10.1 <sup>A</sup>	1.5± 1.9	13.1±10.0	9.4 ± 7.8	0.1 ± 0.2
爭艷館外	0.1± 0.4	2.7± 4.6	68.6± 17.8 <sup>A</sup>	6.2± 4.6 <sup>B</sup>	1.8± 2.4	8.6± 9.9	10.4 ± 11.3	1.5 ± 3.1
地景花海區	<0.1± 0.1	3.0± 4.2	72.9± 15.6 <sup>A</sup>	4.1± 3.0 <sup>B</sup>	1.7± 3.0	10.3±11.0	7.3 ± 6.4	0.8 ± 2.0
林下花海區	<0.1± 0.2	0.8± 1.6	73.7± 15.9 <sup>A</sup>	5.6± 6.0 <sup>B</sup>	1.8± 2.0	7.1± 7.7	10.7 ± 8.5	0.2 ± 0.6
p值(Kruskal-Wallis test)	0.93	0.19	<0.01	<0.01	0.71	0.17	0.45	0.18
二室內展區	<0.1± 0.2	1.0± 2.5	50.7± 19.3	25.2± 11.5	1.4± 1.7	10.0± 8.7	11.6 ± 9.9	0.1 ± 0.4
三室外展區	0.1± 0.3	2.1± 3.8	71.7± 16.4	5.3± 4.7	1.8± 9.5	8.7± 9.5	9.5 ± 9.0	0.8 ± 2.2
p值(Mann-Whitney U test)	0.72	0.78	<0.01	<0.01	0.97	0.30	0.32	0.62

表中擁有相同大寫英文字母記號者表示經LSD事後檢定，該展區真菌菌屬之分布百分率未達統計顯著差異(p≥0.05)

表五 各採樣地點溫濕度、風速與遊客密度(平均值±標準差)

園區	地點	溫度 (°C)	相對溼度 (%)	風速 (m/s)	遊客密度 (人/m <sup>2</sup> )
圓山區	爭艷館內	21.7±0.7	70.7± 5.4 <sup>A</sup>	0.2±0.1 <sup>B</sup>	6.9±2.2 <sup>A</sup>
	爭艷館外	21.1±5.4	59.3±12.0 <sup>B</sup>	2.1±0.9 <sup>A</sup>	5.1±1.8 <sup>B</sup>
	地景花海	20.8±5.5	60.1±10.7 <sup>B</sup>	2.4±1.46 <sup>A</sup>	6.6±2.3 <sup>A</sup>
新生區	未來館	19.3±3.2	68.3± 6.6 <sup>A</sup>	0.3±0.1 <sup>B</sup>	4.0±1.9 <sup>B</sup>
	林下花海	20.7±5.0	61.7±12.0 <sup>B</sup>	2.5±0.9 <sup>A</sup>	4.8±2.3 <sup>B</sup>
p值(Kruskal-Wallis test)		0.34	<0.01	<0.01	<0.01

表中擁有相同大寫英文字母記號者表示經LSD事後檢定，該展區之測值未達統計顯著差異(p≥0.05)

## 討 論

過去在其他不同場所的研究發現空氣中細菌與真菌的濃度差異極大。在已封閉的垃圾掩埋場於冬春之際採樣，其空氣中細菌與真菌濃度分別為2,797~3,127 cfu/m<sup>3</sup>與6,222~10,751 cfu/m<sup>3</sup>；對於即將關閉之掩埋場，空氣中之細菌與真菌濃度則分別為1,160~4,337 cfu/m<sup>3</sup>與3,303~11,746 cfu/m<sup>3</sup>[7]；火雞養殖場內細菌濃度則可高達9×10<sup>4</sup>~7×10<sup>5</sup>[8]；反之，醫院內細菌與真菌濃度則顯著較低，分別為73~368 cfu/m<sup>3</sup>與49~149 cfu/m<sup>3</sup>[9]。至於在類似之高植栽密度場域之微生物濃度，國外研究發現，花園空氣中細菌濃度介於2,105~3,513 cfu/m<sup>3</sup>，真菌濃度則為2,801~4,015 cfu/m<sup>3</sup>[2]；森林休憩公園空氣中細菌濃度為592.3~3,912 cfu/m<sup>3</sup>，真菌濃度為1,238.5~10,884.3 cfu/m<sup>3</sup>[10]；北京植物園空氣中細菌濃度則介於

7.1×10~2.2×10<sup>4</sup> cfu/m<sup>3</sup>，真菌濃度為2.4×10~1.4×10<sup>4</sup> cfu/m<sup>3</sup>[11]，與本研究之細菌(119.3~340.3 cfu/m<sup>3</sup>)及真菌濃度(177.6~349.9 cfu/m<sup>3</sup>)相較，花博五展場顯然並未因大量的植栽與/或高遊客密度而出現高微生物之濃度，且其中僅有少數樣本超過環保署室內空氣品質建議值。

進一步比較二室內展區之微生物濃度發現，未來館真菌濃度(394.9±326.9 cfu/m<sup>3</sup>)顯著高於爭艷館濃度(177.6±74.6 cfu/m<sup>3</sup>) (表二)，此與未來館展出內容以大型植栽與富含土壤有關。未來館內植物所佔面積遠大於遊客步道，並覆以大量土壤，此豐富的土壤與植栽提供了真菌極佳的生長繁殖條件，進而導致其真菌濃度為五展區之冠，此現象也同樣出現於北京植物園的研究中[12]。反之，爭艷館內之細菌平均濃度(299.6±171.5 cfu/m<sup>3</sup>)則高於未來館(261.0±107.2 cfu/m<sup>3</sup>) (表一)，同時爭艷館也是五個測量展區中溫度

最高、溼度最高、風速最低以及遊客密度最高的展區(表五)。爭豔館內的自動灑水系統約每三分鐘噴灑一次，以補充展場內植物所需溼度，同時也可稍稍降低人潮所帶來的室內溫度，此促使該館內維持於較高的濕度。此外，當比較爭豔館內及其館外七道彩虹花園區細菌濃度時，發現館內細菌濃度顯著高出室外濃度(表一)，且其室內外濃度平均比值大於1。據此推論爭豔館內空氣中的細菌來源主要來自人潮及其內部的植栽，自館外七道彩虹區的貢獻可能較少。過去對同樣擁有良好微生物生長條件的飼料工廠亦曾進行廠內外細菌濃度監測，發現其室內外細菌濃度比值亦大於1，介於3~7[13]。

在花博五展區中，空氣中細菌種類以革蘭氏陽性桿菌所佔比例最高(67.5%~82.7%)，革蘭氏陽性球菌次之(7.9%~14.6%)(表三)。早期研究指出，長期照護機構空氣中的革蘭氏陰性菌濃度高於陽性菌[1]，另辦公大樓的研究則顯示室內空氣中以革蘭氏陽性球菌為主(38%)[14]。不同環境空氣中主要細菌菌群可能有所不同。由於革蘭氏陽性菌多來自於人體身上粉塵或源自於植物材料[10]，本研究高比例的革蘭氏陽性菌可能與此兩種來源有關。在真菌方面，不論室內外展區，本研究顯示均以*Cladosporium* (46.4%~73.7%)與*Penicillium* (4.1%~27.7%)為主，Jo等人也發現在寵物店與花園的空氣中以*Cladosporium*及*Penicillium*的濃度較高[2]。此外，北京植物園[12]與匈牙利蘭花溫室的研究[15]皆發現*Cladosporium*及*Penicillium*亦有較高的比例。

整體而言，相較於其他富含微生物之場所，此次花博展區之室內外空氣中微生物濃度並無顯著增高之現象，顯示園區開放期間參照環保署建議將室內溫度調控於15~18°C，並以中央空調自動監測與回饋機制，透過適時灑水與增加通風換氣率等方式，並配合展場室內人數的控管，可有效控制空氣中微生物的濃度。建議未來若有類似之大型植栽展場活動，可參酌花博經驗，加強空調與參觀人潮的管理，以避免微生物的

累積與散播。此外，考量本研究限制，建議未來若有機會進行類似大型室內展覽館研究時，可適時擴增採樣展區及採樣頻率，並進一步鑑定細菌菌種，探討特定細菌在不同展場之分布；另亦建議比較中央空調通風換氣效率與微生物濃度之關係，探究並進而建立有效控制空氣品質之空調運作機制。

## 致 謝

本研究感謝台北市政府以及台北國際花卉博覽會的協助與支持。

## 參考文獻

1. 方盈禎、趙馨、吳欣橋等：台北市長期照護機構空氣中細菌之分布與特性。台灣衛誌 2010；29：273-82。  
Fang YC, Chao HJ, Wu HC, et al. Distribution and characteristics of airborne bacteria in long-term care facilities in Taipei, Taiwan. Taiwan J Public Health 2010;29:273-82. [In Chinese: English abstract]
2. Jo WK, Kang JK. Workplace exposure to bioaerosols in pet shops, pet clinics, and flower gardens. Chemosphere 2006;65:1755-61.
3. 行政院環境保護署：室內空氣品質建議值公告。http://www.epa.gov.tw/。引用2011/12/10。  
Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C.(Taiwan). The suggested Indoor Air Quality (IAQ) threshold. Available at: http://www.epa.gov.tw/. Accessed December 10, 2011. [In Chinese]
4. 行政院環境保護署：室內空氣品質管理法說明。http://www.epa.gov.tw/。引用2011/12/10。  
Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan). Instructions of Indoor Air Quality Act. Available at: http://www.epa.gov.tw/. Accessed December 10, 2011. [In Chinese]
5. Larone DH. Medically Important Fungi - A Guide to Identification. 4th ed., Washington, D.C.: ASM Press, 2002.
6. Operator Manual MAS-100. Professional microbial air monitoring system for the microbiological testing of air. Available at: http://www.instrument.com.cn/show/literature/c41187.pdf. Accessed December 10, 2011.
7. Huang CY, Lee CC, Li FC, Ma YP, Su HJJ. The seasonal distribution of bioaerosols in municipal landfill site: a 3-yr study. Atmos Environ 2002;36:4385-95.

8. Kerstin Fallschissel K, Klung K, Kampfer P, Jackel U. Detection of airborne bacteria in a German turkey house by cultivation-based and molecular methods. *Ann Occup Hyg* 2010;**54**:934-43.
9. 黃麗玲、毛義方、陳美蓮、黃建財：某教學醫院室內空氣之微生物。台灣衛誌 2006；**25**：315-22。  
Huang LL, Mao IF, Chen ML, Huang CT. The microorganisms of indoor air in a teaching hospital. *Taiwan J Public Health* 2006;**25**:315-22. [In Chinese: English abstract]
10. Malecka-Adamowicz M, Donderski W, Okoniewska A. Evaluation of microbial air quality in a forest recreation park. *J Environ Stud* 2010;**19**:109-13.
11. Fang Z, Ouyang Z, Zheng H, Wang X. Concentration and size distribution of culturable airborne microorganisms in outdoor environments in Beijing, China. *Aerosol Sci Tech* 2008;**42**:325-34.
12. Fang Z, Ouyang Z, Hu L, Wang X, Zheng H, Lin X. Culturable airborne fungi in outdoor environment in Beijing, China. *Sci Total Environ* 2005;**350**:47-58.
13. Kim KY, Kim HT, Kim D, Nakajima J, Higuchi T. Distribution characteristics of airborne bacteria and fungi in the feedstuff-manufacturing factories. *J Hazard Mater* 2009;**169**:1054-60.
14. Tsai FC, Macher JM. Concentration of airborne culturable bacteria in 100 large US office buildings from the BASE study. *Indoor Air* 2005;**15**:71-81.
15. Magyar D, Eszeki ER, Oros G, et al. The air spora of and orchid greenhouse. *Aerobiologia* 2011;**27**:121-34.

## Profile of airborne microbes at the Taipei International Flora Exposition

YU-TING CHEN<sup>1</sup>, CHING-WEN CHANG<sup>1,2,\*</sup>, NIEN-TZU HUNG<sup>3</sup>

**Objectives:** To investigate the concentration and distribution of airborne microbes at the Taipei International Flora Exposition. **Methods:** Airborne bacteria and fungi were quantified and categorized at indoor pavilions (Expo Dome and Pavilion of the Future) and outdoor locations (Floral Rainbows, Flower Landscape and Flower Base under a Tree). **Results:** The highest fungal concentration ( $394.9 \pm 326.9$  cfu/m<sup>3</sup>) was found at Pavilion of the Future. This was significantly greater than that at the Expo Dome ( $177.6 \pm 74.6$  cfu/m<sup>3</sup>) ( $p < 0.05$ ). Seven percent of the samples obtained from Pavilion of the Future exceeded the level of fungi (1000 cfu/m<sup>3</sup>) suggested by the Taiwan EPA for good indoor air quality. The highest bacterial concentration was found at Flower Base under a Tree ( $340.3 \pm 187.6$  cfu/m<sup>3</sup>), followed by the Expo Dome ( $299.6 \pm 171.5$  cfu/m<sup>3</sup>). Bacterial concentration at the Expo Dome was significantly higher than that at Floral Rainbows ( $149.7 \pm 74.7$  cfu/m<sup>3</sup>) ( $p < 0.05$ ). Gram positive rods (67.5%~82.7%) were dominant at every site studied, followed by Gram positive cocci (7.9%~14.6%). The most identified fungi were *Cladosporium* (68.6%~73.7%), followed by *Penicillium* (41.3%~27.7%). **Conclusions:** Our results demonstrated no significant increase in the level of airborne microbes at the Flora Exposition. Only a few samples exceeded the level of airborne microbes suggested by the Taiwan EPA for good air quality. This finding supports the observation that airborne microbes may be efficiently controlled through proper air conditioning and environmental management. (*Taiwan J Public Health*. 2012;31(3):277-284)

**Key Words:** *Flora exposition, air, fungi, bacteria*

<sup>1</sup> Department of Public Health, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

<sup>2</sup> Institute of Environmental Health, National Taiwan University, No.17, Xu-Zhou Rd., Zhongzheng Dist., Taipei, Taiwan, R.O.C.

<sup>3</sup> Institute of Occupational Medicine and Industrial Hygiene, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

\* Correspondence author. E-mail: chingwenchang@ntu.edu.tw

Received: Jan 12, 2012

Accepted: May 16, 2012