

# 嘉南藥理大學 102 年度教師研究計畫成果報告

## 子計畫三：幼兒園室內環境生物性與設施安全衛生調查研究

計畫編號：CN102010 執行期間：102.1~102.12

計畫主持人：蔡百豐 副教授

計畫執行人員：蔡百豐 副教授、黃小林 副教授

### 摘要

本研究選取採用自然通風與中央空調模式各一家幼稚園進行室內及室外生物氣膠採樣，以瞭解學童於幼稚園教室內暴露空氣中生物性污染物之程度。空氣中之細菌及真菌係使用六階生物氣膠採樣器進行採樣，之後於實驗室進行培養、計數及濃度計算。結果顯示兩家幼稚園之真菌生物氣膠濃度皆符合我國室內空氣品質標準，但細菌生物氣膠濃度卻皆超過標準。雖然兩家幼稚園通風模式不同，但當教室內孩童人數多時，產生之細菌生物氣膠濃度也會明顯增加，尤其採中央空調模式之幼稚園的教室因室內空氣循環，導致細菌生物氣膠濃度顯著上升，造成室內空氣品質惡化。為保護孩童學習效率及身體健康，建議增加兩家幼稚園之通風換氣量，並輔助裝設室內空氣清淨裝置，以維持良好的室內空氣品質。本研究另針對幼稚園內之 CO<sub>2</sub>、照度、甲醛、噪音等物理性及化學性危害進行測量，甲醛濃度幾乎均沒有檢出，CO<sub>2</sub> 範圍落在 450~1450ppm 之間，噪音音量在 60dB 之下合乎標準，教室內照度在開燈時均在標準 300Lux 以上也合乎標準。

關鍵字：生物氣膠、室內空氣品質、甲醛、二氧化碳



## 一、前言

相關研究(Kim and Kim, 2007; Kim et al., 2007; Yang et al., 2009)皆指出在自然通風的公共場所中，幼稚園室內空氣中的總細菌生物氣膠濃度皆為最高。在自然通風之幼稚園室內環境中，細菌及真菌生物氣膠之室內外濃度比值(I/O ratio)經常是大於 1，顯示幼稚園教室內存在有微生物來源(Mentese et al., 2012a; Mentese et al., 2012b; Yang et al., 2009)。Tsao and Hwang(2013)研究在裝有中央空調的幼稚園教室內之水損環境的學童，因感染上呼吸道疾病而缺席之勝算比(odds ratio)為 2.45。由以上可知幼稚園為一群體聚集之室內場所，當年幼學童免疫力較差時，易受生物氣膠影響而感染疾病，因此室內空氣品質(Indoor Air Quality, IAQ)良窳對於學齡前孩童的健康影響不容忽視。

## 二、研究方法

選取南部兩家具有不同通風形式(自然通風及中央空調)之幼稚園做為探討對象，分別於不同時段量測學童在教室內活動過程中之室內及室外細菌及真菌生物氣膠濃度。室內採樣點係選取靠近學童活動區但以不影響學生上課之位置，室外採樣點則選擇以能和室內空氣交換之位置。採樣時間從學童早上上學開始到中午休息為止，約為4小時，每小時採一次樣。

本研究使用六階生物氣膠採樣器(Six-Stage Viable Particle Sampler, Model TE-10-800, Tisch Environmental Inc., USA)進行細菌及真菌生物氣膠採樣，胰蛋白大豆瓊脂培養基 (Tryptic Soy Agar, TSA) 及麥芽抽出物培養基 (Malt Extract Agar, MEA)作為環境中細菌與真菌採樣之用。採樣後將細菌培養皿置於 $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ 培養箱內，倒置培養 $48\pm 2$ 小時，真菌培養皿置於 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 室溫，倒置培養 $4\pm 1$ 天。計數培養基上所生長出的總菌落數 (colony forming units, CFU)，再以菌落數校正表校正後，除以採樣體積(採樣器流量 $28.3\text{ L/min}\times$ 採樣時間 $\times 0.001\text{ m}^3/\text{L}$ )換算成濃度 (CFU/ $\text{m}^3$ )。

噪音、甲醛、 $\text{CO}_2$ 、照度測定方法：甲醛、 $\text{CO}_2$ 濃度，噪音強度、甲醛監測時間為當日14:30時~15:30時； $\text{CO}_2$ 濃度監測時間為當日10:30時~11:30時

[1]. 噪音強度、甲醛、 $\text{CO}_2$ 濃度:以普通型噪音計、

[2]. 甲醛:使用儀器 Formaldemeter htV 甲醛檢測儀探測範圍：0.05-10ppm (可選的高量程：80ppm) 準確度：在 2ppm 濃度時為 10%。



[3].CO<sub>2</sub> 濃度:使用直讀式二氧化碳檢測儀 TH08TEL7001 二氧化碳量測範圍：0-10000ppm, 量測受試者所處之室內空間的 CO<sub>2</sub> 濃度。

[4]. 光照度:使用數位式照度計 LX-101 它的測量範圍 0~200LUX 2000~5000LUX 2000~50000LUX 精確度: ±5%; 量測受試者所處之室內空間的光照度, 量測方式為將儀器置於每一空間, 量測其光照度的最大與最小值並以四點法計量測並計算其照度平均值, 以 CNS 標準值做為比較標準。



### 三、結果與討論

#### 3.1 室內細菌及真菌生物氣膠濃度

由表 1 顯示幼稚園 B 之細菌生物氣膠平均濃度明顯高於幼稚園 A，可能原因為幼稚園 B 教室內學童人數(約 40 人)高於幼稚園 A(約 24 人)，學童為教室內細菌生物氣膠主要來源，加上幼稚園 B 採室內空氣循環之中央空調，而幼稚園 A 為自然通風，因此導致幼稚園 B 之細菌生物氣膠濃度顯著高於幼稚園 A。在室內真菌生物氣膠濃度方面，雖然兩家幼稚園教室真菌濃度不高，但採中央空調之幼稚園 B 仍然高於採自然通風換氣之幼稚園 A，這可能是幼稚園 B 內設置有廁所及洗手台，雖上課期間有開啟空調，但放學後關閉空調導致室內仍存在真菌，加上內部空氣室內循環下，導致真菌濃度高於廁所及洗手台皆設於教室外之幼稚園 A。

表 1 室內外生物氣膠濃度及室內外濃度比值

	幼稚園 A (自然通風)						幼稚園 B (中央空調)					
	細菌			真菌			細菌			真菌		
	室內	室外	I/O 比	室內	室外	I/O 比	室內	室外	I/O 比	室內	室外	I/O 比
平均值	883.4	154.1	14.3	148.4	600.7	0.3	2996.5	108.8	36.6	300.4	106.0	10.6
標準差	1063.4	213.5	12.1	58.6	257.2	0.1	3164.6	99.3	56.9	104.9	99.9	13.4
最大值	2749.1	530.0	25.0	233.2	925.8	0.4	7809.2	261.5	138.1	452.3	233.2	30.0
最小值	120.1	21.2	0.8	98.9	296.8	0.2	35.3	7.1	5.0	212.0	7.1	1.2

#### 3.2 室內及室外細菌及真菌生物氣膠濃度比值(I/O 比值)

雖兩家幼稚園教室採用之通風方式不同，但表 1 顯示兩家幼稚園之細菌生物氣膠 I/O 比值皆大於 1，此顯示幼稚園教室內存在有細菌生物氣膠源，而孩童及老師明顯為主要來源。兩家幼稚園教室之真菌生物氣膠 I/O 比值卻有明顯差異，幼稚園 A 採開門及兩扇窗戶之自然通風，因此僅些微受



到室外空氣之影響，因教室內平時會進行清潔及消毒，在無具體真菌污染源存在下，I/O 比值明顯小於 1。反觀幼稚園 B，雖然也會進行清潔及消毒，但因室內有廁所及洗手台，放學後空調關閉濕度可能提高，因而有些許真菌存在，加上白天上課採中央空調之室內空氣循環，因此易造成真菌生物氣膠濃度累積，導致 I/O 比值明顯大於 1。

### 3.3 幼稚園教室之室內空氣品質

雖然表 1 指出幼稚園 A 教室內平均細菌生物氣膠濃度低於我國室內空氣品質標準值  $1500\text{CFU}/\text{m}^3$ ，但圖 1 顯示有一時間點教室內的生物氣膠濃度高過 IAQ 標準。圖 2 則清楚呈現有三個時間點測得之細菌生物氣膠濃度顯著高於 IAQ 標準。由此可知，採用自然通風的幼稚園 A 及採中央空調的幼稚園 B，兩家幼稚園教室的細菌生物性空氣品質不佳，由其當學童人數多時，空氣中細菌微生物濃度顯著增加，此種現象尤其在採用室內循環之中央空調的幼稚園 B 更為嚴重。圖 3 及圖 4 則顯示兩家幼稚園之真菌生物氣膠濃度皆未高過我國 IAQ 標準值  $1000\text{CFU}/\text{m}^3$ ，顯示幼稚園教室內平時之清潔、消毒及維護管理工作確實，室內並未發現有黴菌生長。綜合以上得知，兩家幼稚園之細菌生物氣膠濃度皆超過我國之室內空氣品質標準，學童聚集學習及活動之微環境的空氣品質不良，對於免疫力較差之學童健康是一大威脅。為保護幼小學童之身體健康，建議增加通風換氣量或加裝室內空氣清淨設備來降低空氣中細菌濃度，以減少室內生物性危害。

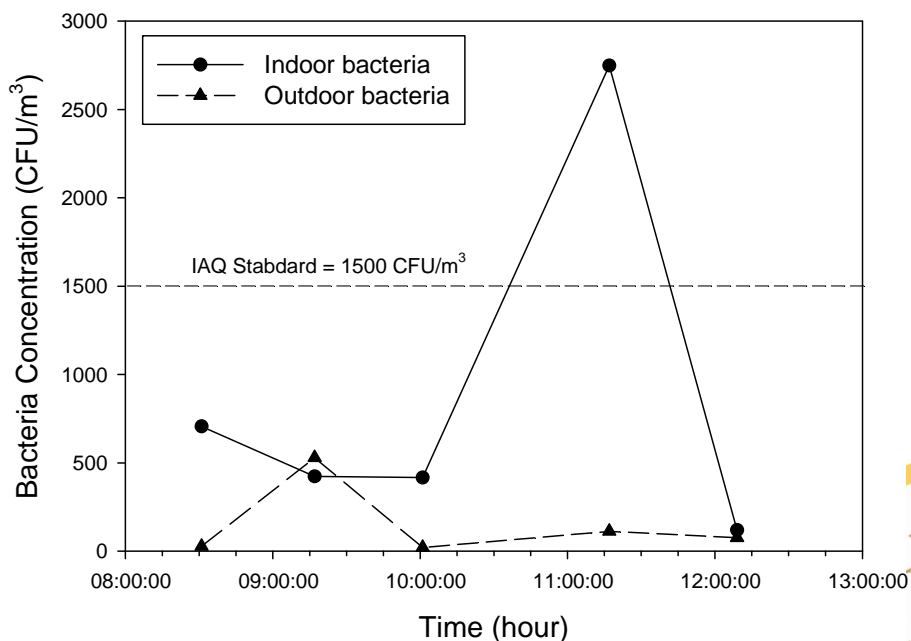
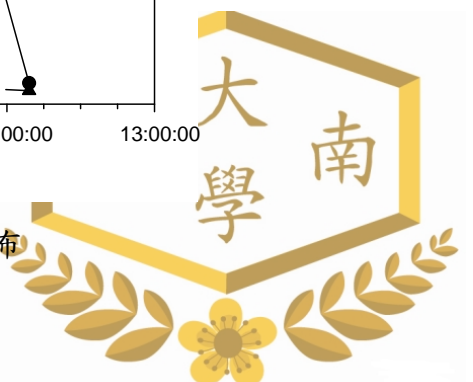


圖 1 幼稚園 A 之細菌生物氣膠濃度分布



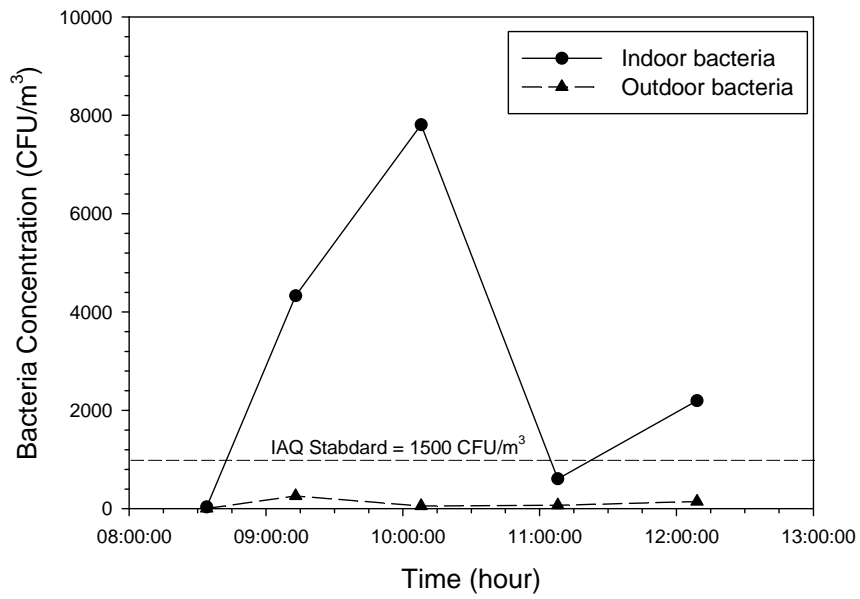


圖 2 幼稚園 B 之細菌生物氣膠濃度分布

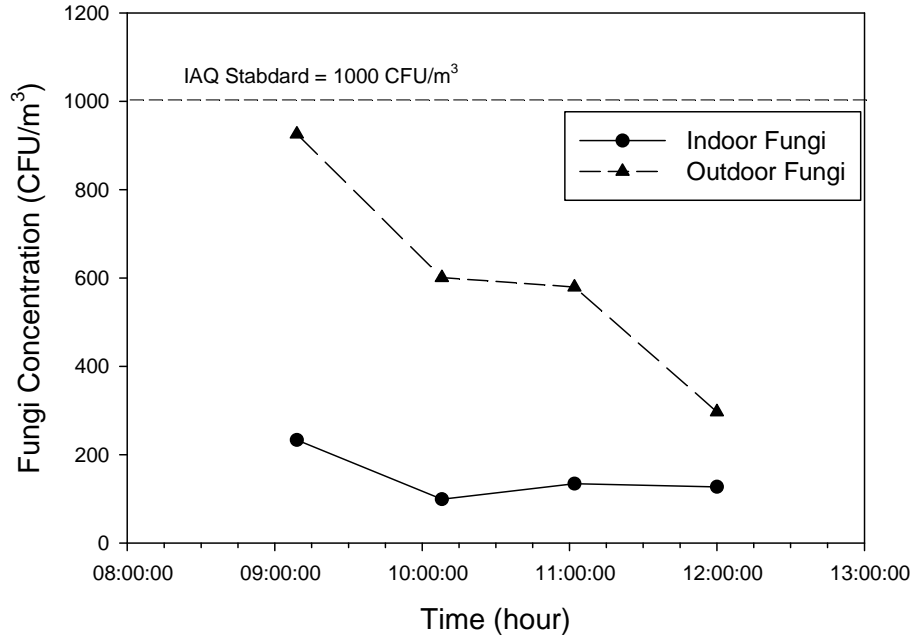


圖 3 幼稚園 A 之真菌生物氣膠濃度分布



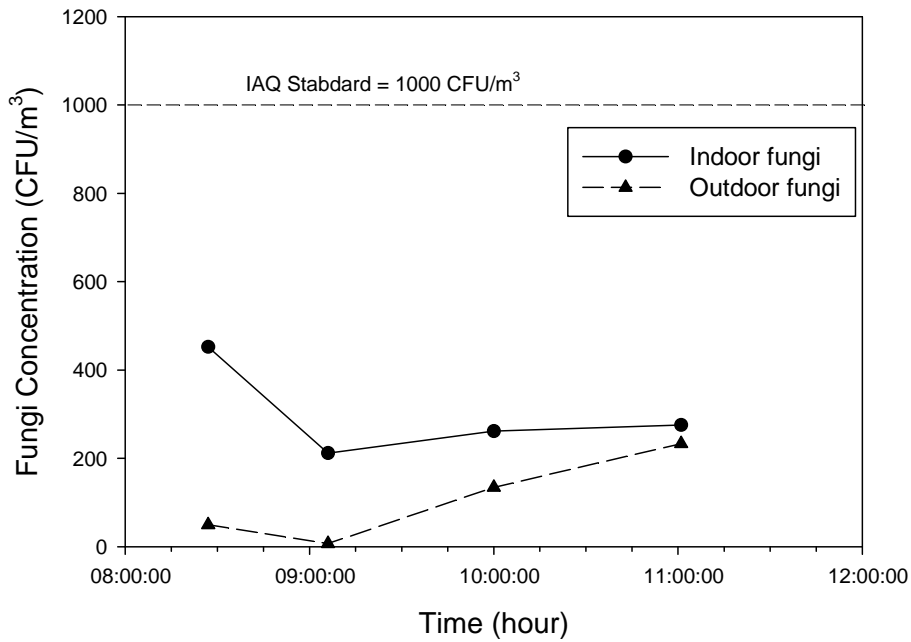


圖 4 幼稚園 B 之真菌生物氣膠濃度分布

### 3.4 幼稚園教室之照度、CO<sub>2</sub>、噪音、甲醛測定結果

甲醛測定結果顯示均為未檢出，噪音測定結果均在 60 分貝以下符合第二類場所之噪音標準另照度及 CO<sub>2</sub> 測定結果如下：

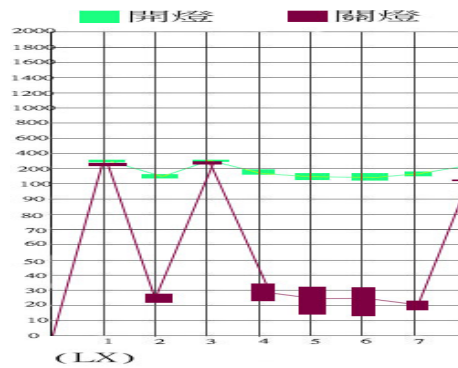
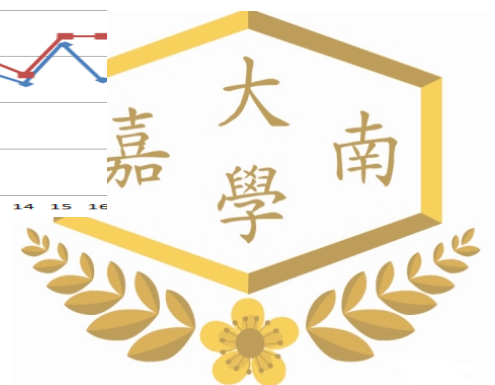
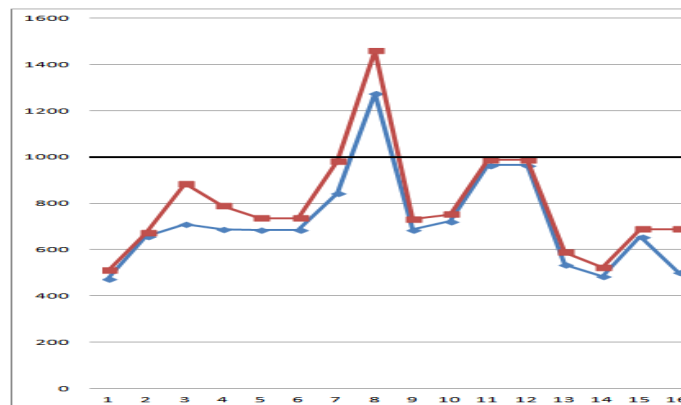


圖 5 幼稚園照度分佈





## 圖 6 幼稚園 CO<sub>2</sub> 分佈

### 參考文獻

- Kim, K. Y., & Kim, C. N. (2007). Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea. *Building and Environment*, 42(5), 2188-2196.
- Kim, K. Y., Park, J. B., Jang, G. Y., Kim, C. N., & Lee, K. J. (2007). Assessment of bioaerosols in the public buildings of Korea. *Indoor and Built Environment*, 16(5), 465-471.
- Mentese, S., Rad, A. Y., Arisoy, M., & Güllü, G. (2012a). Multiple comparisons of organic, microbial, and fine particulate pollutants in typical indoor environments: Diurnal and seasonal variations. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62(12), 1380-1393.
- Mentese, S., Rad, A. Y., Arisoy, M., & Güllü, G. (2012b). Seasonal and Spatial variations of bioaerosols in indoor urban environments, Ankara, Turkey. *Indoor and Built Environment*, 21(6), 797-810.
- Tsao, Y. C., & Hwang, Y. H. (2013). Impact of a water-damaged indoor environment on kindergarten student absences due to upper respiratory infection. *Building and Environment*, 64, 1-6.
- Yang, W., Sohn, J., Kim, J., Son, B., & Park, J. (2009). Indoor air quality investigation according to age of the school buildings in Korea. *Journal of Environmental Management*, 90(1), 348-354.

