

利用生物氣膠採樣器初步瞭解台中特定地點之 夏季白天時大氣所含微生物種類及濃度之研究

王俊欽 陳世芳 林上鐘

弘光科技大學環境工程系

台中縣沙鹿鎮中棲路 34 號

摘要

懸浮微粒是造成台灣地區空氣品質不良的主因之一，而生物氣膠為懸浮微粒之一種。生物氣膠包括了懸浮在空氣中之生命體及那些經由生命體釋放至空氣中的粒子或揮發性氣體。當這些生物性物質或是其產物經由各種動力懸浮於空氣中，即已影響該地區之空氣品質；若是這些微粒粒徑小至可經呼吸道進入人體時，該地區人民的健康將受到威脅。故本研究希望於台中特定地點且夏季白天時，利用安德森六階式生物氣膠採樣器進行生物氣膠之採集，並初步瞭解夏季白天時不同地點中不同範圍（大小）之生物氣膠所含之微生物種類及濃度。研究結果顯示，94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日白天中，地點 A-D 經安德森六階式生物氣膠採樣器採集，且利用 NA 與 R₂A 培養基培養 48 小時所得之微生物平均濃度分別為 8.1×10^2 cfu/m³、 1.9×10^3 cfu/m³、 3.7×10^3 cfu/m³ 及 1.1×10^3 cfu/m³ 與 7.3×10^2 cfu/m³、 2.2×10^3 cfu/m³、 3.4×10^3 cfu/m³ 及 1.6×10^3 cfu/m³。且培養時間愈長，微生物之平均濃度愈高。此外，五種採樣孔徑中，採樣孔徑介於 0.34 mm-0.71 mm（採集得到之生物氣膠範圍為 1.1~4.7 μ m）所採集培養出來之微生物數量最多。而 A~D 地點經採集、培養後所得之微生物種類包含短桿菌、桿菌、球菌及絲狀菌。

關鍵詞：安德森六階式生物氣膠採樣器，生物氣膠

A Summer Daytime Study of Airborne Microorganism Types and Concentrations in Taichung Using an Andersen Six-Stage Viable Sampler

CHUN-CHIN WANG, SHIH-FANG CHEN and SHANG-CHUNG LIN

Department of Environmental Engineering, Hungkuang University

34 Chung-Chie Rd., Shalu, Taichung, Taiwan

ABSTRACT

Suspended particles, of which bioaerosols are one type, constitute one of the main causes of poor air quality in Taiwan. Bioaerosols include allergens such as fungi, bacteria, actinomycetes, arthropods, and protozoa, as well as microbial products such as mycotoxins, endotoxins and glucans. When allergens and microbial products are suspended in the air, they adversely affect the local air

quality. When the particle size is small enough to pass through the respiratory tract into the human body, the health of the local population is threatened. Therefore, this research attempted to understand the summer daytime airborne microorganism types and concentrations in Taichung, Taiwan by using an Andersen six-stage viable sampler. Bioaerosol samples were collected in the daytime between June 30 and August 1, 2005 at a place designated A-D. After sampling, the samples were cultivated in an NA or R₂A culture medium for 48 hours. The average bacteria concentrations were 8.1×10^2 cfu/m³, 1.9×10^3 cfu/m³, 3.7×10^3 cfu/m³, 1.1×10^3 cfu/m³ and 7.3×10^2 cfu/m³, 2.2×10^3 cfu/m³, 3.4×10^3 cfu/m³, 1.6×10^3 cfu/m³, respectively. The cultivation time was longer and the average bacteria concentrations were higher for each particle size ranges. The number of strains after collection and cultivation should be the largest when the apertures of the sampler are situated between 0.34 mm-0.71 mm. The bioaerosols collected at place A-D contained rod-shaped bacteria, filamentous microorganism and coccus.

Key Words: Andersen six-stage viable sampler, bioaerosols

一、前言

懸浮微粒是造成台灣地區空氣品質不良的主因之一，濃度太高除影響視線能見度，進而妨礙交通及行車安全之外，對人體亦有極大的傷害。研究指出， $5.7\mu\text{m}$ 以下之粒狀污染物極易進入人體之呼吸道內部（肺部）導致慢性鼻炎、支氣管炎、氣喘、肺炎等疾病發生 [2]。若空氣中各種懸浮顆粒吸附二氧化硫後，更加速二氧化硫對人類呼吸系統之傷害 [2]。生物氣膠（bioaerosols）為懸浮微粒之一種，生物氣膠包括了懸浮在空氣中之生命體，如病毒、細菌、真菌、黴菌，以及那些經由生命體釋放至空氣中的粒子或揮發性氣體，如孢子、花粉、生物毒素（toxins）等 [1, 3, 6]。當這些生物性物質或是其產物經由各種動力懸浮於空氣中，即已影響該地區之空氣品質；若是這些微粒粒徑小至可經呼吸道進入人體時，該地區人民的健康將受到威脅 [4, 7]。本研究希望於台中特定地點且夏季白天時，利用安德森六階式生物氣膠採樣器（Tisch six-stage viable sampler）進行生物氣膠之採集，並初步瞭解夏季白天時不同地點中不同範圍（大小）之生物氣膠所含之微生物種類及濃度。

二、實驗方法

（一）採樣器

本研究使用之採樣器為安德森六階式生物氣膠採樣器（如圖 1 所示），該採樣器為一種六階式衝擊器，每一階內可放置一個培養皿，而每階有四百個孔洞均勻分佈於其上，各階孔洞之孔徑依序 1.18 mm 、 0.91 mm 、 0.71 mm 、 0.53 mm 、 0.34 mm 及 0.25 mm 。其各階採集到之生物氣膠大小



圖 1. 安德森六階式生物氣膠採樣器

範圍（range of particle sizes）分別為 $\geq 7.0\mu\text{m}$ 、 $7.0\mu\text{m}$ - $4.7\mu\text{m}$ 、 $4.7\mu\text{m}$ - $3.3\mu\text{m}$ 、 $3.3\mu\text{m}$ - $2.1\mu\text{m}$ 、 $2.1\mu\text{m}$ - $1.1\mu\text{m}$ 及 $1.1\mu\text{m}$ - $0.65\mu\text{m}$ 。

（二）培養基

本研究所使用之培養基為營養瓊脂（nutrient agar, NA）培養基與 R₂A 培養基。營養瓊脂培養基主要用於分離及培養不挑剔（nonfastidious）之細菌，而 R₂A 培養基用於培養異營性之微生物。製作方法為以天平秤取 6.9 g NA 與 4.56 g R₂A 分別溶於含 300 ml 去離子水之血清瓶中，爾後以高溫高壓滅菌釜於 121°C 下滅菌 15 分鐘，待其冷卻至 45°C 左右，於無菌操作台內，以已滅菌之連續自動注射器分裝至無菌培養皿中，每次分裝之體積為 27 ml，最後將已分裝好之培養皿置於無菌操作台中，待其冷卻凝固且經 24 小時後，若培養基沒有長出菌落即可使用。NA 培養基成份（g/l）為 beef extract: 3、peptone: 5、agar: 15；而 R₂A 培養基成份（g/l）為 yeast extract: 0.5、proteose peptone: 0.5、casein hydrolysate:

0.5、glucose: 0.5、soluble starch: 0.5、sodium pyruvate: 0.3、di-potassium hydrogen phosphate: 0.3、magnesium sulfate: 0.05、agar: 12。

(三) 採樣時間、採樣地點及採樣高度

採樣時間為早上 9-12 點。採樣地點共四處，分別為 A-D 地點。A 地點位於台中市西區某道路旁邊，屬於車流量較多之地點，B 地點位於台中市南屯區垃圾掩埋廠及焚化廠附近，C 地點位於台中市西屯區某產業道路旁邊，該點位於高鐵下方，旁邊大多為稻田，屬車流量較少之處，D 地點位於中部科學園區附近之產業道路旁邊。而採集微粒(生物氣膠)之高度為 133 公分(如圖 2 所示)。

(四) 採樣流程

採樣前製作適量之 NA 培養皿與 R₂A 培養皿備用。每個地點採集樣本前，先於生物氣膠採樣器之每階中，放置空的培養皿，然後開啓開關使採樣器運轉一段時間，使採樣設備適應當地環境，爾後取出空的培養皿，並置入 NA 培養皿或 R₂A 培養皿進行樣本收集。為避免採樣時間過長，導致培養基上長出的菌落太多，進而無法計數，影響數據準確性，故根據預先採樣之測量結果，採樣時間為 3 分鐘。採集樣本之流量為 28.3 L/min。樣本收集完畢後，將 NA 培養基置入 30°C 恆溫培養箱中培養，且定時計算培養基之菌落數(colony forming units, cfu)，並依下列計算式計算菌落濃度。

$$\text{菌落濃度}(\text{cfu}/\text{m}^3) = \frac{\text{菌落數}(\text{cfu}) \times 1000(\text{L}/\text{m}^3)}{28.3(\text{L}/\text{min}) \times 3 \text{min}} \quad (1)$$



圖 2. 安德森六階式生物氣膠採樣器採樣高度

三、結果與討論

(一) A 地點

94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日白天中，A 地點經生物氣膠採樣器採集且利用 NA 培養基培養後所得不同粒徑範圍下之微生物平均濃度如圖 3 所示。由圖 3 可知，採集得到不同生物氣膠大小(0.65 μm -1.1 μm 、1.1 μm -2.1 μm 、2.1 μm -3.3 μm 、3.3 μm -4.7 μm 、4.7 μm -7.0 μm)的 NA 培養基，經培養 24 小時所得之菌落平均濃度為 59 cfu/m³、71 cfu/m³、119 cfu/m³、61 cfu/m³及 32 cfu/m³。而培養 48 小時所得之菌落平均濃度則為 158 cfu/m³、183 cfu/m³、249 cfu/m³、143 cfu/m³及 72 cfu/m³。隨著培養時間增加，不同大小之生物氣膠的 NA 培養基計算所得之菌落平均濃度亦增加。而採集得到的不同大小生物氣膠(0.65 μm -1.1 μm 、1.1 μm -2.1 μm 、2.1 μm -3.3 μm 、3.3 μm -4.7 μm 、4.7 μm -7.0 μm)於 NA 培養基培養 48 小時後得到的微生物濃度，經 dn/d log dp (n 表微生物平均濃度、p 表粒徑)計算所得之數值分別為 692 cfu/m³· μm 、652 cfu/m³· μm 、1269 cfu/m³· μm 、931 cfu/m³· μm 及 416 cfu/m³· μm ，該些數值顯示 A 地點白天採集之不同大小生物氣膠中，以 2.1-3.3 μm 所培養出來之微生物數量最多。依菌落形態、大小、顏色及顯微鏡輔助觀察，初步獲悉約有 27 種微生物(菌株)。此外，將獲得之菌株純化、染色，並利用位相差顯微鏡於 1000 倍(油鏡)下觀察，發現篩選獲得之菌株種類為短桿菌、桿菌及絲狀菌(如圖 4 所示)。

94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日白天中，A 地點經生物氣膠採樣器採集且利用 R₂A 培養基培養後所得不同粒徑範圍下之微生物平均濃度如圖 5 所示。由圖 5 可知，採集得到

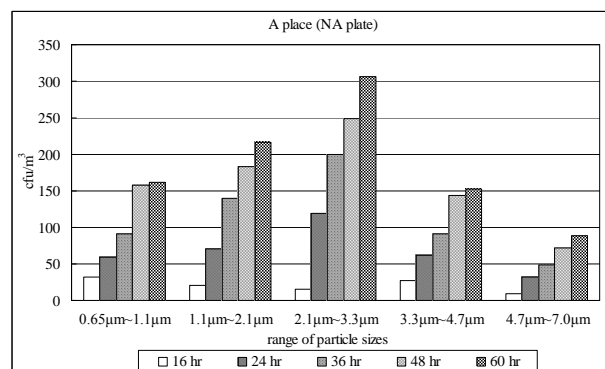


圖 3. A 地點經採樣器採集且以 NA 培養後之不同粒徑範圍下的微生物濃度

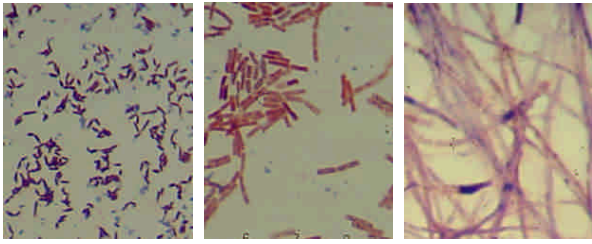


圖 4. A 地點之生物氣膠經 NA 純化後，部份菌株位相差顯微鏡照片 (1000 X)

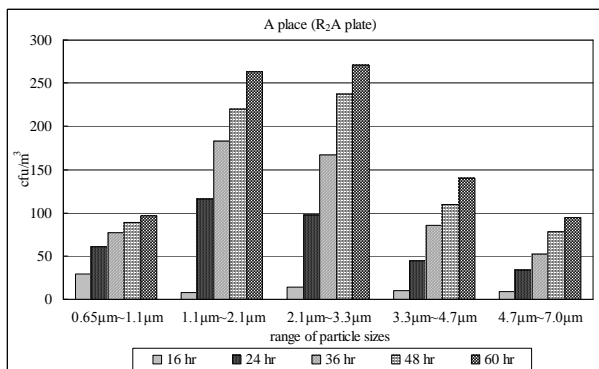


圖 5. A 地點經採樣器採集且以 R₂A 培養後之不同粒徑範圍下的微生物濃度

不同生物氣膠大小 (0.65 μm -1.1 μm 、1.1 μm -2.1 μm 、2.1 μm -3.3 μm 、3.3 μm -4.7 μm 、4.7 μm -7.0 μm) 的 R₂A 培養基，經培養 24 小時與 48 小時所得之菌落平均濃度分別為 61 cfu/m³、116 cfu/m³、98 cfu/m³、44 cfu/m³、34 cfu/m³ 與 89 cfu/m³、220 cfu/m³、237 cfu/m³、109 cfu/m³、78 cfu/m³。隨著培養時間增加，不同大小之生物氣膠的 R₂A 培養基計算所得之菌落濃度亦增加。而採集得到的不同大小生物氣膠 (0.65 μm -1.1 μm 、1.1 μm -2.1 μm 、2.1 μm -3.3 μm 、3.3 μm -4.7 μm 、4.7 μm -7.0 μm) 於 R₂A 培養基培養 48 小時後得到的微生物濃度，經 $\text{dn}/\text{d} \log \text{dp}$ (n 表微生物平均濃度、p 表粒徑) 計算所得之數值分別為 390 cfu/m³· μm 、783 cfu/m³· μm 、1208 cfu/m³· μm 、710 cfu/m³· μm 及 451 cfu/m³· μm ，該些數值顯示 A 地點白天採集之不同大小生物氣膠中，以 2.1-3.3 μm 所培養出來之微生物數量最多。依菌落形態、大小、顏色及顯微鏡輔助觀察，初步獲悉約有 25 種微生物 (菌株)。此外，將獲得的菌株純化、染色，並利用位相差顯微鏡於 1000 倍下觀察，發現篩選獲得之菌株種類為短桿菌、桿菌及絲狀菌 (示於圖 6)。

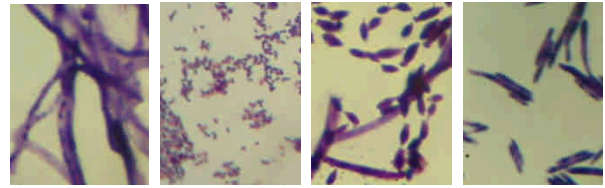


圖 6. A 地點之生物氣膠經 R₂A 純化後，部份菌株位相差顯微鏡照片 (1000 X)

(二) B 地點

圖 7 為 94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日白天中，B 地點經生物氣膠採樣器採集且利用 NA 培養基培養後所得不同粒徑範圍下之微生物平均濃度。由圖 7 可知，採集得到不同生物氣膠大小 (0.65 μm -1.1 μm 、1.1 μm -2.1 μm 、2.1 μm -3.3 μm 、3.3 μm -4.7 μm 、4.7 μm -7.0 μm) 的 NA 培養基，經培養 24 小時與 48 小時所得之菌落平均濃度分別為 61 cfu/m³、291 cfu/m³、254 cfu/m³、153 cfu/m³、121 cfu/m³ 與 145 cfu/m³、532 cfu/m³、538 cfu/m³、350 cfu/m³、298 cfu/m³。而採集得到的不同大小生物氣膠於 NA 培養基培養 48 小時後得到的微生物濃度，經 $\text{dn}/\text{d} \log \text{dp}$ 計算所得之數值分別為 635 cfu/m³· μm 、1894 cfu/m³· μm 、2741 cfu/m³· μm 、2279 cfu/m³· μm 及 1723 cfu/m³· μm ，該些數值顯示 B 地點白天採集之不同大小生物氣膠中，以 2.1-3.3 μm 所培養出來之微生物數量最多。依菌落形態、大小、顏色及顯微鏡輔助觀察，初步獲悉約有 22 種微生物 (菌株)。此外，將獲得的菌株純化、染色，並利用位相差顯微鏡於 1000 倍下觀察，發現篩選獲得之菌株種類，大多為短桿菌、桿菌及絲狀菌，少數為球菌 (如圖 8 所示)。

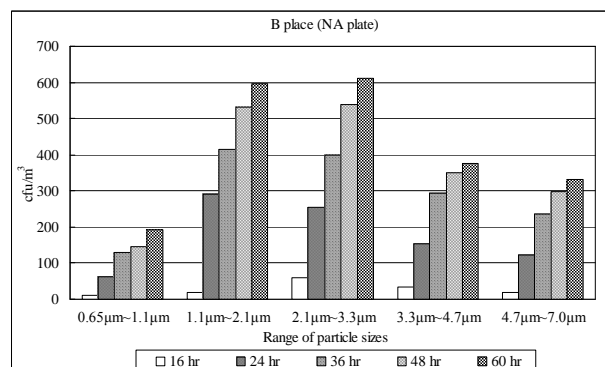


圖 7. B 地點經採樣器採集且以 NA 培養後之不同粒徑範圍下的微生物濃度

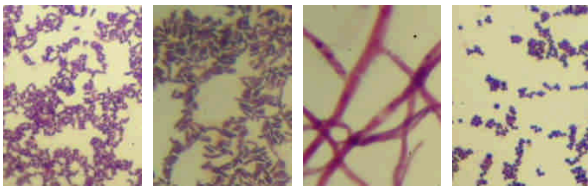


圖 8. B 地點之生物氣膠經 NA 純化後，部份菌株位相差顯微鏡照片 (1000 X)

94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日中，B 地點白天經生物氣膠採樣器採集且利用 R₂A 培養基培養後所得不同粒徑範圍下之微生物平均濃度如圖 9 所示。由圖 9 可知，採集得到不同生物氣膠大小 (0.65 μ m-1.1 μ m、1.1 μ m-2.1 μ m、2.1 μ m-3.3 μ m、3.3 μ m-4.7 μ m、4.7 μ m-7.0 μ m) 的 R₂A 培養基，經培養 24 小時與 48 小時所得之菌落濃度平均值分別為 67 cfu/m³、449 cfu/m³、328 cfu/m³、266 cfu/m³、172 cfu/m³ 與 145 cfu/m³、663 cfu/m³、582 cfu/m³、441 cfu/m³、380 cfu/m³。而採集得到的不同大小生物氣膠於 R₂A 培養基培養 48 小時後得到的微生物濃度，經 dn/d log dp 計算所得之數值分別為 635 cfu/m³· μ m、2361 cfu/m³· μ m、2965 cfu/m³· μ m、2871 cfu/m³· μ m 及 2197 cfu/m³· μ m，該些數值顯示 B 地點白天採集之不同大小生物氣膠中，以 2.1-3.3 μ m 所培養出來之微生物數量最多。依菌落形態、大小、顏色及顯微鏡輔助觀察，初步獲悉約有 29 種微生物 (菌株)。此外，將獲得的菌株純化、染色，並利用位相差顯微鏡於 1000 倍下觀察，發現篩選獲得之菌株種類，大多為短桿菌、桿菌及絲狀菌，少數為球菌 (結果未圖示)。

(三) C 地點

圖 10 為 94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日白天中，C 地

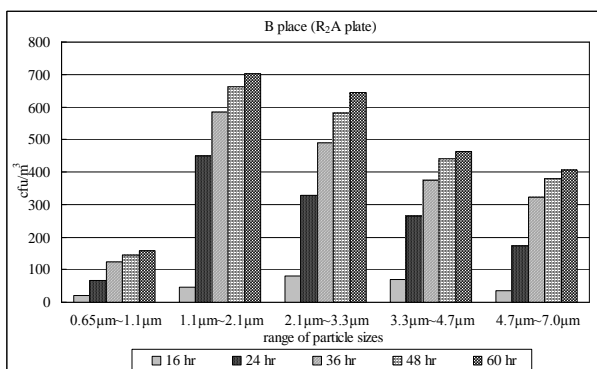


圖 9. B 地點經採樣器採集且以 R₂A 培養後之不同粒徑範圍下的微生物濃度

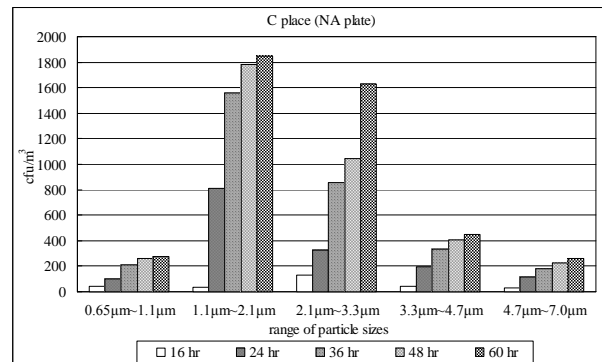


圖 10. C 地點經採樣器採集且以 NA 培養後之不同粒徑範圍下的微生物濃度

點經生物氣膠採樣器採集且利用 NA 培養基培養所得不同粒徑範圍下之微生物平均濃度。由圖 10 可知，採集得到不同生物氣膠大小 (0.65 μ m-1.1 μ m、1.1 μ m-2.1 μ m、2.1 μ m-3.3 μ m、3.3 μ m-4.7 μ m、4.7 μ m-7.0 μ m) 的 NA 培養基，經培養 24 小時與 48 小時所得之菌落濃度平均值分別為 101 cfu/m³、814 cfu/m³、323 cfu/m³、193 cfu/m³、119 cfu/m³ 及 259 cfu/m³、1782 cfu/m³、1042 cfu/m³、409 cfu/m³、225 cfu/m³。而採集得到的不同大小生物氣膠於 NA 培養基培養 48 小時後得到的微生物濃度，經 dn/d log dp 計算所得之數值分別為 1134 cfu/m³· μ m、6346 cfu/m³· μ m、5308 cfu/m³· μ m、2663 cfu/m³· μ m³ 及 1301 cfu/m³· μ m，該些數值顯示 C 地點白天採集之不同大小生物氣膠中，以 1.1-2.1 μ m 所培養出來之微生物數量最多。依菌落形態、大小、顏色及顯微鏡輔助觀察，初步獲悉約有 22 種微生物 (菌株)。將獲得的菌株純化、染色，並利用位相差顯微鏡於 1000 倍下觀察，發現篩選獲得之菌株種類為短桿菌、桿菌及絲狀菌 (結果未圖示)。

94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日白天中，C 地點經生物氣膠採樣器採集且利用 R₂A 培養基培養後所得不同粒徑範圍下之微生物平均濃度如圖 11 所示。由圖 11 可知，採集得到不同生物氣膠大小 (0.65 μ m-1.1 μ m、1.1 μ m-2.1 μ m、2.1 μ m-3.3 μ m、3.3 μ m-4.7 μ m、4.7 μ m-7.0 μ m) 的 R₂A 培養基，經培養 24 小時所得之菌落平均濃度為 225 cfu/m³、414 cfu/m³、274 cfu/m³、740 cfu/m³ 及 232 cfu/m³。培養 48 小時所得之菌落平均濃度為 394 cfu/m³、681 cfu/m³、438 cfu/m³、1489 cfu/m³ 及 363 cfu/m³。而採集得到的不同大小生物氣膠於 R₂A 培養基培養 48 小時後得到的微生物濃度，經 dn/d log

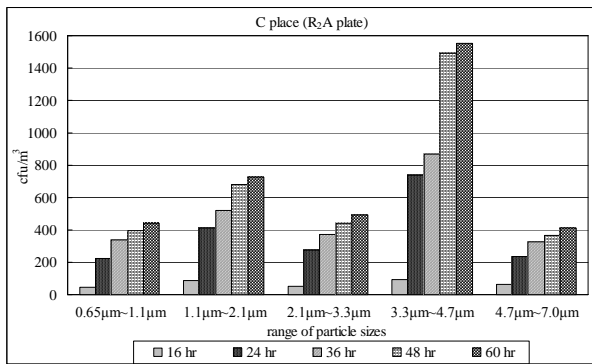


圖 11. C 地點經採樣器採集且以 R₂A 培養後之不同粒徑範圍下的微生物濃度

dp 計算所得之數值分別為 1724 cfu/m³·µm、2425 cfu/m³·µm、2231 cfu/m³·µm、9695 cfu/m³·µm 及 2098 cfu/m³·µm，該些數值顯示 C 地點白天採集之不同大小生物氣膠中，以 3.3-4.7µm 所培養出來之微生物數量最多。依菌落形態、大小、顏色及顯微鏡輔助觀察，初步獲悉約有 22 種微生物（菌株）。此外，將獲得的菌株純化、染色，並利用位相差顯微鏡於 1000 倍下觀察，發現篩選獲得之菌株種類，大多為短桿菌、桿菌及絲狀菌，少數為球菌（結果未圖示）。

(四) D 地點

圖 12 為 94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日白天中，D 地點經生物氣膠採樣器採集且利用 NA 培養基培養後所得不同粒徑範圍下之微生物菌落數及濃度。由圖 12 可知，採集得到不同生物氣膠大小（0.65µm-1.1µm、1.1µm-2.1µm、2.1µm-3.3µm、3.3µm-4.7µm、4.7µm-7.0µm）的 NA 培養基，經培養 24 小時與 48 小時所得之菌落平均濃度分別為 18 cfu/m³、86 cfu/m³、135 cfu/m³、62 cfu/m³、24 cfu/m³ 與 72 cfu/m³、355 cfu/m³、382 cfu/m³、192 cfu/m³、147 cfu/m³。而採集得到的不同大小生物氣膠於 NA 培養基培養 48 小時後得到的微生物濃度，經 dn/d log dp 計算所得之數值分別為 315 cfu/m³·µm、1264 cfu/m³·µm、1946 cfu/m³·µm、1250 cfu/m³·µm 及 850 cfu/m³·µm，該些數值顯示 D 地點白天採集之不同大小生物氣膠中，以 2.1-3.3µm 所培養出來之微生物數量最多。依菌落形態、大小、顏色及顯微鏡輔助觀察，初步獲悉約有 36 種微生物（菌株）。此外，將獲得的菌株純化、染色，並利用位相差顯微鏡於 1000 倍下觀察，發現篩選獲得之菌株種類為短桿菌、桿菌、球菌及絲狀菌（結果未

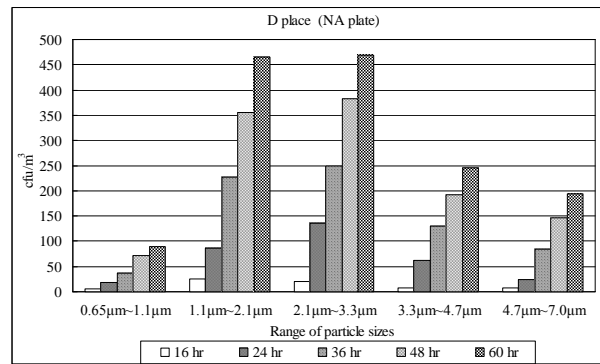


圖 12. D 地點經採樣器採集且以 NA 培養後之不同粒徑範圍下的微生物濃度

圖示)。

94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日白天中，D 地點經生物氣膠採樣器採集且利用 R₂A 培養基培養後所得不同粒徑範圍下之微生物平均濃度如圖 13 所示。由圖 13 可知，採集得到不同生物氣膠大小（0.65µm-1.1µm、1.1µm-2.1µm、2.1µm-3.3µm、3.3µm-4.7µm、4.7µm-7.0µm）的 R₂A 培養基，經培養 24 小時與 48 小時所得之菌落濃度平均值分別為 99 cfu/m³、114 cfu/m³、160 cfu/m³、323 cfu/m³、77 cfu/m³ 與 165 cfu/m³、355 cfu/m³、416 cfu/m³、461 cfu/m³、165 cfu/m³。而採集得到的不同大小生物氣膠於 R₂A 培養基培養 48 小時後得到的微生物濃度，經 dn/d log dp 計算所得之數值分別為 722 cfu/m³·µm、1264 cfu/m³·µm、2119 cfu/m³·µm、3002 cfu/m³·µm 及 954 cfu/m³·µm，該些數值顯示 D 地點白天採集之不同大小生物氣膠中，以 3.3-4.7µm 所培養出來之微生物數量最多。依菌落形態、大小、顏色及顯微鏡輔助觀察，初步獲悉約有 32 種微生物（菌株）。此外，將獲得的菌株純化、染色，並利用位相差顯微鏡於 1000 倍下觀察，發現篩選獲得之菌株種類為短桿菌、桿菌、球菌及絲狀菌（結果未圖示）。

將圖 3、圖 5、圖 7 與圖 9-13 結果彙整得到圖 14。圖 14 為 94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日白天中，地點 A-D 經生物氣膠採樣器採集且利用 NA 及 R₂A 培養基培養所得之微生物平均濃度。由圖中可知，不論採樣地點、採樣孔徑與培養基種類，培養時間愈長，微生物之平均濃度愈高。四個地點相較之下，不論培養基為 NA 或 R₂A，地點 C 所得之細菌濃度最高（以 NA 為培養基，培養 24 小時後，地點 A-D 之微生物平均濃度為 3.4×10² cfu/m³、8.8×10² cfu/m³、1.6×10³

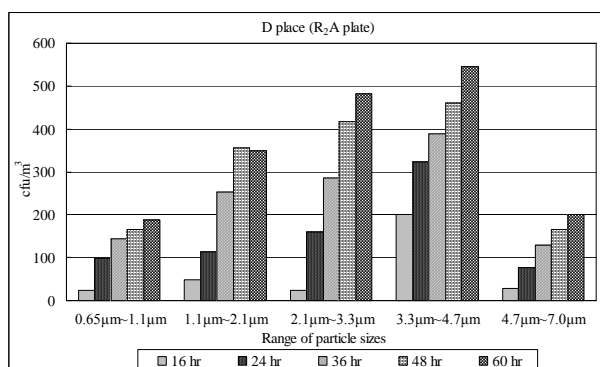


圖 13. D 地點經採樣器採集且以 R₂A 培養後之不同粒徑範圍下的微生物濃度

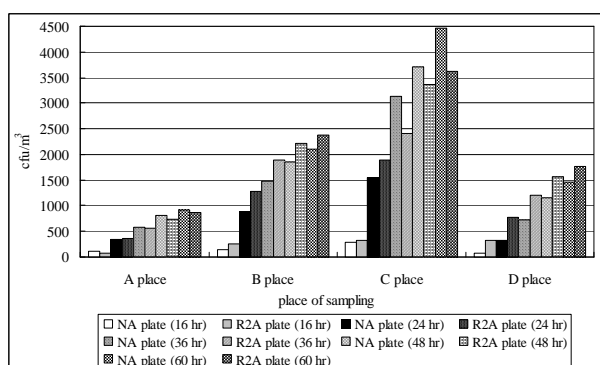


圖 14. 地點 A-D 經採樣器採集且以 NA 及 R₂A 培養所得之微生物平均濃度

cfu/m³ 及 3.3×10² cfu/m³；培養 48 小時，地點 A-D 之微生物平均濃度為 8.1×10² cfu/m³、1.9×10³ cfu/m³、3.7×10³ cfu/m³ 及 1.1×10³ cfu/m³。以 R₂A 為培養基，培養 24 小時後，地點 A-D 之微生物平均濃度為 3.5×10² cfu/m³、1.3×10³ cfu/m³、1.9×10³ cfu/m³ 及 7.7×10² cfu/m³；培養 48 小時，地點 A-D 之微生物平均濃度為 7.3×10² cfu/m³、2.2×10³ cfu/m³、3.4×10³ cfu/m³ 及 1.6×10³ cfu/m³。造成此現象之可能原因為採樣地點附近為稻田，稻田中富含多種微生物，加上 7 月中旬時遇上水稻收割及焚燒稻草，進而造成稻田周圍之空氣中含有較高量之生物氣膠（微生物）。而地點 B 所得之細菌濃度次高的可能原因為採樣地點位於垃圾掩埋廠及焚化廠附近，加上採樣過程中時常有垃圾車經過所致。雖然地點 C 所測得之細菌濃度最高，但其位於室外，加上細菌濃度未超過 10⁴ cfu/m³（美國政府工業衛生師協會（American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH）於 1986 年強

調：生物氣膠總菌落濃度若超過 10⁴ cfu/m³，須立刻採取補救措施。）[1]，故對周遭之生態生活應不致有太大之影響。

此外，由前述各段中之計算可知，不論採樣地點與培養基種類，五種採樣孔徑中，採樣孔徑介於 0.34mm-0.71mm（採集得到之生物氣膠範圍為 1.1~4.7µm）所採集培養出來之微生物數量最多。一般而言，大於 3µm 之氣膠容易於支氣管沈積，小於 3µm 易於肺泡區沈積 [5]，故雖地點 A-D 測得之細菌濃度不致影響生態，但對附近有肺部疾病之人而言是否有影響，仍待進一步觀察及確認。

另外，從圖 14 可知，由生物氣膠採樣器採得之生物氣膠，經 NA 培養基或 R₂A 培養基培養 48 小時後之微生物平均濃度很相近（以 NA 為培養基，培養 48 小時，地點 A-D 之微生物平均濃度為 8.1×10² cfu/m³、1.9×10³ cfu/m³、3.7×10³ cfu/m³ 及 1.1×10³ cfu/m³。以 R₂A 為培養基，培養 48 小時，地點 A-D 之微生物平均濃度為 7.3×10² cfu/m³、2.2×10³ cfu/m³、3.4×10³ cfu/m³ 及 1.6×10³ cfu/m³）。雖然數值不同，但若以次方（order）而言，由 NA 培養基培養得到之微生物數量與利用 R₂A 培養基培養得到的數值是一樣。至於利用 NA 培養基或 R₂A 培養基培養後計算所得之微生物平均濃度，是否會與利用大豆分解蛋白質乾酪素瓊脂（tryptic soy agar, TSA）培養得到的數據一樣，仍待進一步實驗確認。TSA 為美國政府工業衛生師協會（ACGIH）推薦採集細菌之廣用性培養基 [1]。

四、結論

1. 94 年 6 月 30 日~94 年 8 月 1 日白天中，A 地點（市區）、B 地點（焚化廠附近）、C 地點（郊區）及 D 地點（中部科學園區附近）經安德森六階式生物氣膠採樣器採集，且利用營養瓊脂培養基（NA）與 R₂A 培養基培養 48 小時所得之微生物平均濃度分別為 8.1×10² cfu/m³、1.9×10³ cfu/m³、3.7×10³ cfu/m³ 及 1.1×10³ cfu/m³ 與 7.3×10² cfu/m³、2.2×10³ cfu/m³、3.4×10³ cfu/m³ 及 1.6×10³ cfu/m³。
2. 不論採樣地點、採樣孔徑與培養基種類，培養基經培養之時間愈長，計算所得之微生物平均濃度愈高。
3. 不論採樣地點與培養基種類，五種採樣孔徑中，採樣孔徑介於 0.34mm-0.71mm（採集得到之生物氣膠範圍為 1.1~4.7µm）所採集培養出來之微生物數量最多。
4. 不論採樣地點，利用 NA 培養基培養並計算所得之微生物平均濃度與利用 R₂A 培養基培養所得之數值很相近。

5. 地點 A-D 經安德森六階式生物氣膠採樣器採集、NA 與 R₂A 培養基培養後所得之微生物種類分別為 27 種、22 種、22 種及 36 種與 25 種、29 種、22 種及 32 種，且微生物總類包含短桿菌、桿菌、球菌及絲狀菌。

參考文獻

1. 林文海、陳雅惠、白佳原（民 93），醫院之空氣中生物氣膠濃度，中山醫學雜誌，15，97-107。
2. 張漢昌（民 93），環境污染與防治，第 3 版，頁 44、67，新文京開發出版股份有限公司，台北。
3. 張靜文（民 87），第二章 勞工化學性危害暴露調查研究，第八節 生物氣膠－危害暴露評估，勞工安全衛生研究所技術叢書－勞工衛生研究相關技術資料彙編，頁 2-8-1-2-8-7，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，台北。
4. Douwes, J., P. Thorne, N. Pearce and D. Heederik (2003) Review: bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. *Annals of Occupational Hygiene*, 47(3), 187-200.
5. Heyder, J., J. Gebhart, G. Rudolf, C. F. Schiller and W. Stahlhofen (1986) Deposition of particles in the human respiratory tract in the size range 0.005-15µm. *Journal of Aerosol Science*, 5, 811-828.
6. Millner, P. D., S. A. Olenchock, E. Epstein, R. Rylander, J. Haines, B. L. Ooi, E. Horne and M. Maritato (1994) Bioaerosols associated with composting facilities. *Compost Science and Utilization*, 2(4), 8-57.
7. Sigsgaard, T., P. Malmros, L. Nersting and C. Petersen (1994) Respiratory disorders and atopy in Danish refuse workers. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 149, 1407-1412.

收件：95.02.09 修正：95.03.10 接受：95.04.12