

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

安德森生物氣膠採樣器於各類作業環境中之採樣效能評估

計畫類別：C 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC89 - 2320 - B - 040 - 038 -
執行期間：88 年 08 月 01 日至 89 年 07 月 31 日

計畫主持人：林文海 助理教授

本成果報告包括以下應繳交之附件：
赴國外出差或研習心得報告一份
赴大陸地區出差或研習心得報告一份
出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：中山醫學院公共衛生學系

中 華 民 國 89 年 10 月 27 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

安德森生物氣膠採樣器於各類作業環境中之採樣效能評估

計畫編號：NSC 89-2320-B-040-038

執行期限：88 年 08 月 01 日至 89 年 07 月 31 日

主持人：林文海 中山醫學院公共衛生學系

一、中文摘要

本研究以安德森一階、二階及六階生物氣膠採樣器，三種採樣器進行農場細菌及真菌採樣，藉以比較三種採樣器之採樣效率。採樣地點選擇三種型式之農場：溫室、網室及開放式農場，於各型式農場中，三種採樣器同時採樣，重複三次，並採一組空白樣品，採樣時間為 5 分鐘，採樣高度約 1.0 公尺，採樣器流量皆為 28.3 L/min，並記錄當時溫度，所使用之細菌及真菌培養基分別為 Trypticase Soy Agar 及 Malt Extract Agar。根據研究結果，溫室細菌平均濃度為 2686 ± 355 CFU / m³，真菌平均濃度為 492 ± 114 CFU / m³，網室細菌平均濃度為 3285 ± 348 CFU / m³，真菌平均濃度為 537 ± 97 CFU / m³，開放式農場細菌平均濃度為 2089 ± 271 CFU / m³，真菌平均濃度為 1605 ± 388 CFU / m³。其真菌主要菌類為 yeasts。而細菌平均之 GMD 為 3.88 μ m，GSD 為 1.74，真菌平均之 GMD 為 3.17 μ m，GSD 為 1.87。安德森一階、二階及六階生物氣膠採樣器菌落數約在 200 CFU 以下時，其採樣效率可能沒有差異，但約在 200 CFU 以上時，三者可能會有差異。

關鍵詞：細菌，真菌，農場

Abstract

In this study, the sampling efficiencies of the Andersen samplers with different stages are under evaluation in a farm for bacterial and fungal bioaerosols. The significant differences of CFU concentrations recovery from Andersen samplers with different stage were observed until the CFU number of each sample was larger than 200.

Keywords: bacteria, fungi, Andersen sampler

二、緣由與目的

藉由空氣中生物氣膠的採樣，我們可以知道在某些特定的作業環境中，有高濃度的生物氣膠存在，而生物氣膠對人類健康的危害主要是呼吸系統的疾病，其他還有眼睛刺激、角膜炎等，因此許多研究者都試圖像空氣污染物一樣訂出生物氣膠的界限值，但因個人的感受性不同，因此所提的都只是建議值，而目前也未建立生物氣膠的標準方法採樣分析方法〔1-3〕。也這也讓生物氣膠的研究在近幾年來，漸漸地受到重視。

本研究的目的是，即是選擇一農場，以安德森一階、二階及六階生物氣膠採樣器，進行細菌及真菌採樣，藉以瞭解農場生物氣膠之特性，並比較三種採樣器之採樣效率，提供作為進行生物氣膠採樣時之參考。

三、結果與討論

1. 空氣中細菌濃度特性

根據六階採樣器結果，溫室細菌平均濃度為 2686 ± 355 CFU/m³，GMD 為 4.02 μ m，GSD 為 1.75。網室細菌平均濃度為 3285 ± 348 CFU/m³，GMD 為 4.03 μ m，GSD 為 1.70。開放式農場細菌平均濃度為 2089 ± 271 CFU/m³，GMD 為 3.59 μ m，GSD 為 1.77。經由統計檢結果得知，溫室與網室細菌濃度未達統計上的顯著意義，但此兩處濃度皆顯著高於開放式農場細菌濃度。

2. 空氣中真菌濃度特性

根據六階採樣器結果，溫室真菌平均濃度為 492 ± 114 CFU/m³，GMD 為 3.33 μ m，GSD 為 1.63。網室真菌平均濃度為 537 ± 97 CFU/m³，GMD 為 3.54 μ m，GSD 為 2.02。開放式農場真菌平均濃度為 1605 ± 388 CFU / m³，GMD 為 2.64 μ m，GSD 為 1.96。經由統計檢結果得知，溫室與網室真菌濃度未達統計上的顯著意義，但此兩處濃度皆顯著低於開放式農場真菌濃度。

3. 採樣效率與採樣結果分析

在分析校正菌落數的步驟是否有必要性時，因為資料屬於配對性資料，因此可不考慮採樣地點不同的影響。於本研究中，在細菌採樣上，一階（校正前 158-251 CFU）、二階（校正前 103-175 CFU）及六階（校正前 232-444 CFU）採樣器，其校正前後均達統計上的顯著意義。在真菌採樣上，一階（校正前 45-200 CFU）、二階（校正前 33-249 CFU）及六階（校正前 51-240 CFU）採樣器，其校正前後也均達統計上的顯著意義。

若以農場整體來看（不考慮採樣地點不同對採樣器採集效率的影響），三種採樣器，兩兩檢定的結果，在細菌採樣時，均達統計上的顯著意義（ $P < 0.05$ ，雙尾檢定），而在真菌採樣時，均未達統計上的顯著意義（ $P > 0.05$ ，雙尾檢定）。

以二階採集細菌來說，其 $s_1 : s_2$ 約為 3 : 1；對採集真菌來說，其 $s_1 : s_2$ 約為 4 : 1。以六階採集細菌來說，大部分菌落在第三階（約 37%）、

第四階(約29%)，其s1:s2:s3:s4:s5:s6約為7:6:18:14:3:1，粒徑分佈如圖1所示，而平均GMD為3.88 μm ，GSD為1.74；對採集真菌來說，主要菌落在第四階(約34%)，其s1:s2:s3:s4:s5:s6約為2:1:3:5:3:1，粒徑分佈如圖2所示，而平均GMD為3.17 μm ，GSD為1.87。

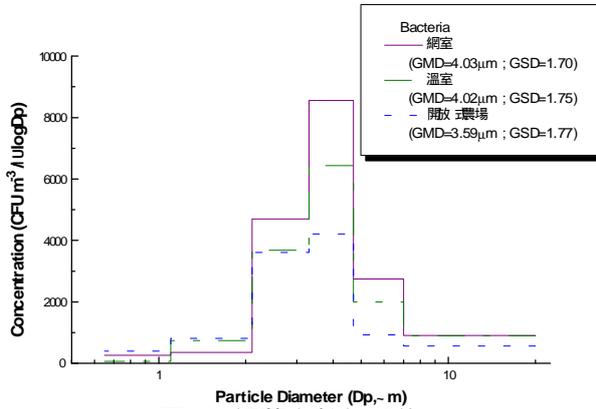


圖1 細菌之粒徑分佈

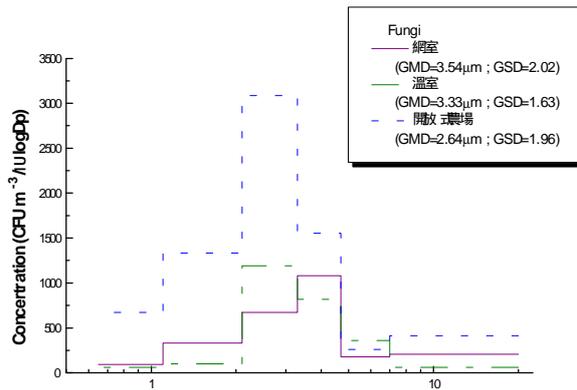


圖2 真菌之粒徑分佈

4. 空氣中真菌菌種分析

本研究所採集到的真菌，以 yeasts 為主，大約佔 98%，其他如 *Cladosporium* *Aspergillus* 等菌種，僅佔約 2%。

討論

在三處採樣地點中，溫室及網室不論在細菌或真菌的濃度上，均無統計上的顯著差異 ($P > 0.05$ ，雙尾檢定)，而開放式農場則與前兩者在細菌與真菌上，均達到統計上的顯著差異 ($P < 0.05$ ，雙尾檢定)。作者認為，主要是因為前兩者在環境特性上較為相近，使其所造就出的生長環境較無不同，而開放式農場，則因直接暴露於外界環境，造成生長環境與溫室或網室有所不同，使其可生長之生物氣膠的特性(濃度、GMD、GSD等)也會有所不同。例如：溫度因子的影響，因為前兩者為密閉及半密閉式空間，相較於開放式農場(20 $^{\circ}\text{C}$)，其溫度較高(26-28 $^{\circ}\text{C}$)也較相近，而使可生長之生物氣膠的特性沒有統計上的顯著差異。在郭氏[4]的研究中，也顯示夏天的溫度高，生物氣膠的濃度也較高，冬天的溫度低，生物氣膠的濃度也較低。另外因時間與設備的限制，相對濕度、風速、不同

的植物種類等，對可生長之生物氣膠特性的影響，有待做進一步研究。

由實驗結果發現，細菌的濃度以網室為最高，溫室次之，開放式農場最低。真菌的濃度則以開放式農場最高，網室次之，溫室最低。如圖3及圖4所示。有這樣的分佈，作者認為最有可能的解釋，是因為三種型式的農場其種植的植物種類有異所造成。而網室與開放式農場雖然都是採自然通風，但網室有網狀鐵絲圍起，因此也可能阻擋細菌由網室擴散出去，或是真菌由開放式農場擴散進來。

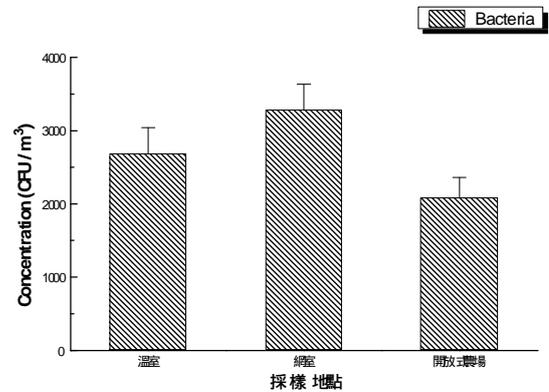


圖3 不同採樣地點之細菌濃度比較(六階採樣器)

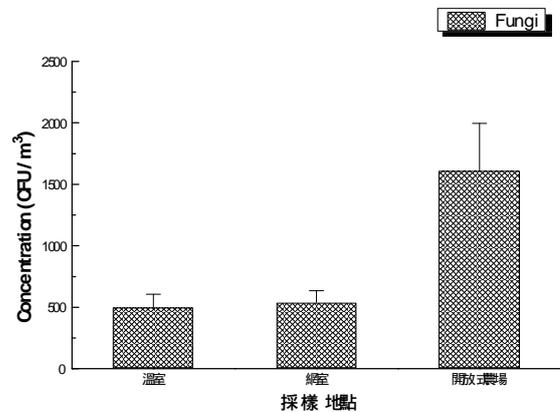


圖4 不同採樣地點之真菌濃度比較(六階採樣器)

理論上，六階採集的CFU應該比二階大，二階又比一階大，而本研究則顯示六階採集的CFU比一階多，也比二階多，這與過去做的研究是相符的[5]但一階CFU卻比二階大，如圖5到圖10所示。這可能是由於安德森採樣器屬於衝擊式的採樣器，因此發生包埋作用(embedded)[6]，使“衝入”培養基的菌落無法生長，讓二階的CFU下降，而造成低估的現象。另外根據採樣器的截取粒徑(dp_{50})來看，二階的s2所採集的CFU應該與六階的s2到s6之總和相近，但本研究卻是後者大於前者許多，此現象可能是因為發生了內壁損失(wall loss)[7]，使二階的s2其CFU低估。但為何都只發生於二階，目前仍不清楚。

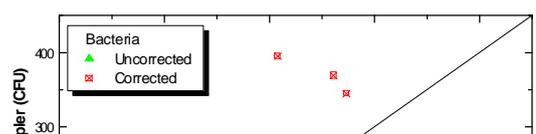


圖 5 一階與二階採樣器細菌採樣之比較

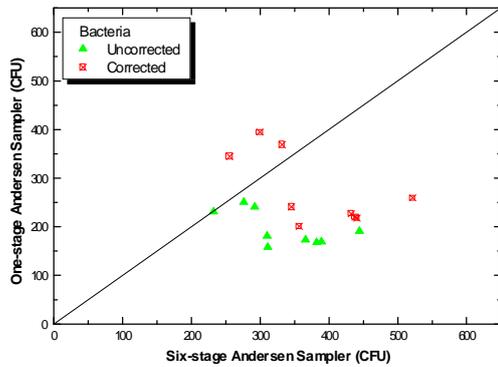


圖 6 一階與六階採樣器細菌採樣之比較

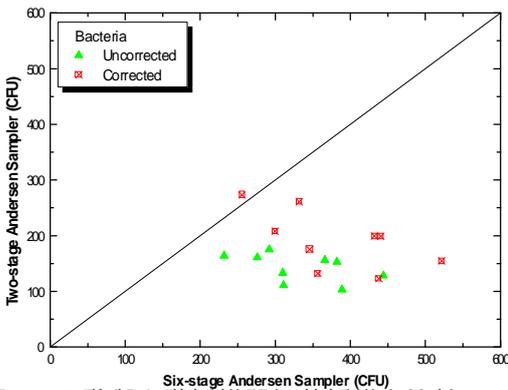


圖 7 二階與六階採樣器細菌採樣之比較

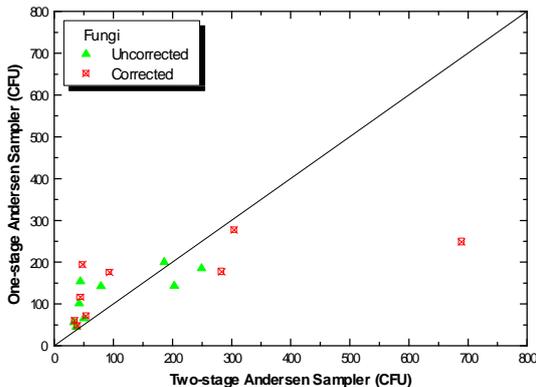


圖 8 一階與二階採樣器真菌採樣之比較

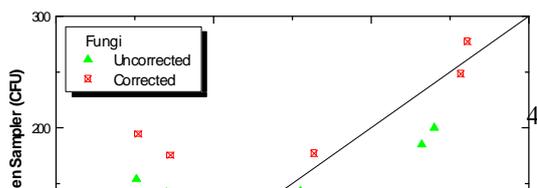


圖 9 一階與六階採樣器真菌採樣之比較

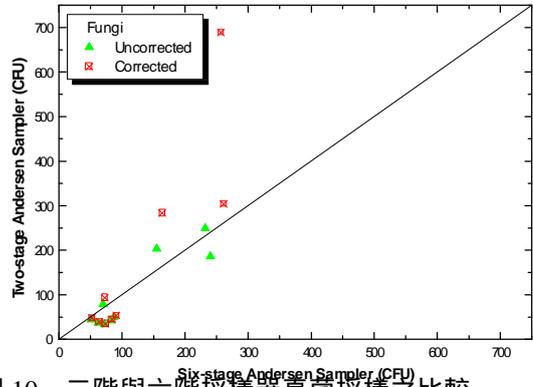


圖 10 二階與六階採樣器真菌採樣之比較

在一般環境中，真菌的主要菌種主要以 *Cladosporium*、*Aspergillus* 等為主 [4, 8]，但本實驗主要菌類卻是 yeasts，作者認為也許是因為在我們採樣前一星期左右，農場因放假而進行消毒，因此使原本之正常菌種的生長遭受抑制，讓其他次要菌種有機會大量繁殖出來，而使實驗所採集之真菌菌種，未如預期的是 *Cladosporium* 或是 *Aspergillus* 等。

根據實驗結果，大部分的生物氣膠其粒徑分佈於安德森六階生物氣膠採樣器的第三階 (3.3-4.7 μm) 及第四階 (2.1-3.3 μm)，該種粒徑之微粒，主要會沈積於下呼吸道及大支氣管處，進而影響健康 [9]。

在本研究中，校正菌落數的步驟，是有其必要性的，由圖 5 到圖 10 可看出，當 CFU 增加時，校正前後 CFU 的差異也隨之增加。若不考慮採樣地點不同對採樣器採集效率的影響，三種採樣器，兩兩檢定的結果，在細菌採樣時，均達統計上的顯著意義 ($P < 0.05$ ，雙尾檢定)，而在真菌採樣時，均未達統計上的顯著意義 ($P > 0.05$ ，雙尾檢定)。由圖 5 到圖 10 亦可看出，當菌落數在約 200 CFU 以下時，三種採樣器之採樣效率可能沒有差異，而在約 200 CFU 以上時，可能會有差異。

結論

根據研究結果，溫室細菌平均濃度為 $2686 \pm 355 \text{ CFU} / \text{m}^3$ ，真菌平均濃度為 $492 \pm 114 \text{ CFU} / \text{m}^3$ ，網室細菌平均濃度為 $3285 \pm 348 \text{ CFU} / \text{m}^3$ ，真菌平均濃度為 $537 \pm 97 \text{ CFU} / \text{m}^3$ ，開放式農場細菌

平均濃度為 $2089 \pm 271 \text{ CFU} / \text{m}^3$ ，真菌平均濃度為 $1605 \pm 388 \text{ CFU} / \text{m}^3$ 。而細菌平均之 GMD 為 $3.88 \mu\text{m}$ ，GSD 為 1.74，真菌平均之 GMD 為 $3.17 \mu\text{m}$ ，GSD 為 1.87。

由本研究初步量測的結果顯示，安德森一階、二階及六階生物氣膠採樣器，在菌落數約 200 CFU 以下時，其採樣效率可能沒有差異，但在菌落數約 200 CFU 以上時，可能會有差異，因此在進行採樣前，需先做前測試，以選定適當之生物氣膠採樣器。

一階、二階及六階採樣器，不論在細菌或真菌採樣上，其校正前後均達統計上的顯著意義。因此 Positive Hole Correction Method 校正是有其必要性的。

本研究所採得農場生物氣膠的濃度，在有可能低估的情況下，若長期暴露有可能會造成身體各方面的不適與危害，因此建議在進入該種工作場所工作時，務必穿戴呼吸防護具，以維護自身安全。

五、參考文獻

1. ACGIH : Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment. Cincinnati ; OH ; American Conference of Governmental Industrial Hygienists ; 1989。
2. Brachman PS. , Ehrlich R. , Eichenwald HF. et al : Standard sampler for assay of airborne microorganisms. Science 1964 ; 144 ; 1295。
3. Nevalainen A. , Willeke K. , Liebhaber F. , Pastuszka J. , Burge H. , Henningson E. : Bioaerosol Sampling in Aerosol Measurement. Van Nostrand Reinhold ; 1993 ; Ch.21 ; 471-492。
4. 郭玉梅 : 季節變化對台北地區室內外真菌之特性影響。國立台灣大學公共衛生研究所〔碩士論文〕 ; 1993 ; 97p。
5. Lundholm IM. : Comparison of methods for quantitative determination of airborne bacteria and evaluation of total viable counts. Appl. Environ. Microbiol. 1982 ; 44 (1) ; 179-183。
6. Stewart SL. , Grinshpun SA. , Willeke K. , Terzieva S. , Ulevic V. , Donnelly J. : Effect of impact stress on microbial recovery on an agar surface. Appl. Environ. Microbiol. 1995 ; 61 (4) ; 1232-1239。
7. Andersen Sampler Inc : Operating Manual for Andersen Sampler. 1984 ; 24p。
8. 張靜文、何啟功、陳瑞青等人：台灣南部洋蔥農作地區空氣中真菌暴露評估與真菌性角膜炎關連性之探討。勞工安全衛生研究季刊 1999 ; 7 (4) ; 401-421。
9. 王秋森：氣懸膠技術學；初版。國立台灣大學醫學院出版委員會；健康世界雜誌社；1993；20-26。