

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

養雞場生物氣膠特性與從業人員暴露評估

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2320-B-040-048-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：中山醫學大學公共衛生系

計畫主持人：林文海

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 27 日

養雞場生物氣膠特性與從業人員暴露評估

編號: NSC 91-2320-B-040-048

摘要

畜牧業(如養豬業)工人常被發現具有比較高比率的呼吸道疾病與肺功能不適的現象,而國內的研究亦發現存在於畜牧場中的生物氣膠對引發此一健康效應上扮演重要的角色,然而目前國內對此方面之問題的了解程度仍極為有限。本研究的目的即針對長時間待在雞舍內工作之雞農所處的環境,評估其在雞舍工作過程中暴露生物氣膠之情況和雞農的尖峰吐氣流量變化,以作為日後改善雞舍衛生、維護雞農健康的參考依據。研究對象為彰化縣之一處私人養雞場。空氣中的微生物係以 Nuclepore 薄膜濾紙來進行採集,並經培養後計數其生成菌落數。結果顯示,在養雞第 5、12、19、26、35、41 天,養雞場內細菌算術平均濃度依序分別為 1.25×10^5 CFU/m³、 3.61×10^5 CFU/m³、 4.91×10^5 CFU/m³、 6.91×10^5 CFU/m³、 7.04×10^5 CFU/m³、 7.23×10^5 CFU/m³, 而可呼吸性細菌平均濃度依序分別為 1.04×10^4 CFU/m³、 3.41×10^4 CFU/m³、 9.27×10^4 CFU/m³、 8.13×10^4 CFU/m³、 9.96×10^4 CFU/m³、 1.56×10^5 CFU/m³。至於養雞場內真菌算術平均濃度依序分別為 2.69×10^3 CFU/m³、 1.28×10^4 CFU/m³、 2.38×10^4 CFU/m³、 3.01×10^4 CFU/m³、 3.18×10^4 CFU/m³、 3.58×10^4 CFU/m³、而可呼吸性真菌平均濃度為 1.10×10^3 CFU/m³、 4.19×10^3 CFU/m³、 3.97×10^3 CFU/m³、 8.97×10^3 CFU/m³、 1.13×10^4 CFU/m³、 1.15×10^4 CFU/m³。在真菌菌種別的鑑定上皆以酵母菌為主要之菌種。本研究發現,養雞場中細菌及真菌濃度隨著雞隻成長而顯著提高。且隨著雞隻的成長,工人每次工作後尖峰吐氣流量減少量有越來越大的趨勢。

BIOAEROSOLS IN A CHICKEN HOUSE AND THE EVALUATION OF EXPOSURE OF WORKER

The characteristics of bioaerosols and peak expiratory flow rate of worker were evaluated in a mechanical-ventilated confined chicken house with different chicken age. This study was carried out at a chicken house with mechanical-ventilation in central Taiwan. The bioaerosol concentrations were measured with 5, 12, 19, 26, 35 and 41 days old, respectively. Triplicate bioaerosol samples were collected by Nuclepore filters at the flow rates of 1.7 L/min. Two sampling locations were selected: The indoor samples were collected at 60 m away from the door. The sampling height was 1.5m above the floor. The other samples were collected on the worker. After sampling, Tryptic Soy Agar (TSA) and Malt Extract Agar (MEA) were selected to recover bacterial and fungal colonies, respectively. Personal test were used peak expiratory flow rate meter to measure peak expiratory flow rate of worker after a work shift. In the 5, 12, 19, 26, 35 and 41-days-old chicken houses, the bacterial

samples of the chicken house indoor and personal samples were 1.25×10^5 CFU/m³, 3.61×10^5 CFU/m³, 4.91×10^5 CFU/m³, 6.91×10^5 CFU/m³, 7.04×10^5 CFU/m³, 7.23×10^5 CFU/m³. The respirable bacterial samples were 1.04×10^4 CFU/m³, 3.41×10^4 CFU/m³, 9.27×10^4 CFU/m³, 8.13×10^4 CFU/m³, 9.96×10^4 CFU/m³, 1.56×10^5 CFU/m³. The fungi samples were 2.69×10^3 CFU/m³, 1.28×10^4 CFU/m³, 2.38×10^4 CFU/m³, 3.01×10^4 CFU/m³, 3.18×10^4 CFU/m³, 3.58×10^4 CFU/m³. The respirable fungi samples were 1.10×10^3 CFU/m³, 4.19×10^3 CFU/m³, 3.97×10^3 CFU/m³, 8.97×10^3 CFU/m³, 1.13×10^4 CFU/m³, 1.15×10^4 CFU/m³. The results demonstrated that the bioaerosol concentrations in the chicken house increased when the chickens grew up. Moreover, it was found that decrease of peak expiratory flow rate increased when the chickens grew up.

前言

養雞業屬於農林漁牧業之一，在台灣傳統的農村社會當中，飼養雞、鴨、鵝等家禽類動物，與牛、羊、豬等大型家畜動物一樣受到重視，從自家的零散飼養漸漸的演變成企業化的集體養殖。由於集體化的經營，若管理不當，則其對於週遭環境及自然生態方面的影響將不容忽視。事實上，除了養雞廢水不當排放導致破壞河川及土壤等環境生態，以及雞舍所產生的廢氣所散發出的惡臭外，養雞場中更存在著各式各樣的生物性危害。

生物氣膠(Bioaerosols)一般泛指存在於空氣當中，經由活的生物體所衍生而來的粒子或化合物【1】。由於台灣地區地屬亞熱帶，氣候長年溫濕，各種微生物(例如空氣中的細菌、真菌、病毒，甚至它們生長過程當中所釋放的毒性或過敏性化合物)易藉助大自然的動力(如：水力、風力)或經由人為活動而四處傳播，引起疾病的發生。而在養雞場中，存在雞隻排泄物(糞、尿)與飼料中之微生物，更由於處在適當溫溼度環境與養分供應之下而快速成長，成為極具生物性危害的污染源。

由於此類行業的作業人員經常終日與動物為伍，長期暴露在微生物充斥的環境之中，除了易因病原體的侵入及大量繁殖而造成作業勞工感染疾病外，長期且反覆的接觸原本屬於低感染性的微生物，也容易引發人體免疫系統的異常反應，因而造成疾病的發生。這些疾病包括：氣喘(Asthma)、黴菌病(Aspergillosis)、肺結核(Tuberculosis)、流行性感冒(Influenza)、過敏性肺炎(Hypersensitivity Pneumonia)、急性中毒(Acute Toxic Disease)和癌症(Cancer)【2】【3】。因此，實在有必要量測養雞場所空氣中的生物氣膠濃度，以進一步探討其可能存在的危害性。本研究的目的主要針對長時間待在雞舍內工作之雞農所處的環境，評估在雞舍中工作所受生物性氣膠暴露之情形和其尖峰吐氣流量所受之影響，以作為日後改善雞舍衛生、維護雞農健康的參考。

材料與方法

為了評估雞農在養殖雞隻的過程之中，於不同時期暴露於生物氣膠之情形與

雞農尖峰吐氣流量的變化，本研究選取了彰化縣之一處私人養雞場來進行採樣及研究。先進行初步訪視及採樣，評估雞舍內生物氣膠的濃度範圍與雞農之工作時間，以擬定採樣策略及採樣方法。

1. 採樣策略、地點、高度、及時間間隔：

在 90 年 10 月份先訪視養雞場主人，並針對當時的雞隻狀況(為成雞)進行初步採樣，以了解其濃度範圍。在飼主的簡短說明之後，了解到每個雞舍都有一個最佳負荷值(視其雞舍大小而定)。而其主人所建造的雞舍，可容納約 34,000 隻雞，且需隨雞隻成長過程，加大其活動的範圍，因此雞舍中的生物性氣膠濃度也隨之不同。所以，在現場勘查過雞舍內外及養雞場附近的環境之後，決定以養雞場內為採樣點。

採樣日期的選擇，主要是依據雞隻的年齡而定。根據養雞場主人的描述，其所飼養的雞隻，從雛雞飼養到可以銷售的成熟雞約需一個半月的時間，而後隨即進行清洗、消毒及整理的後續工作，以準備下一批雛雞的引進及飼養。因此，本研究將雞隻成長週期分為六個階段，並於每階段的中位日前後(即從雞隻開始飼養第 5 天、第 12 天、第 19 天、第 26 天、第 35 天、第 41 天)進行採樣，以評估不同生長時期之生物氣膠特性。

2. 採樣方法：

薄膜濾紙採樣器放置於雞舍內離門口 60 公尺遠、離地 1.5 公尺高的採樣架上以模擬工作人員呼吸區高度。而採集所得之細菌樣本於 Trypticase Soy Agar(TSA)培養基中以恆溫箱(30)培養 1~2 日；真菌則以 Malt Extract Agar(MEA)培養基在室溫(22~25)之下培養 3~5 日。培養後，計數生成菌落數(Colony Forming Units, CFUs)，真菌樣本除了定量菌落數外，亦進一步進行主要菌屬別的鑑定。詳細方法說明如下：

薄膜濾紙採樣器(NF)---濾紙採樣器所使用的濾紙依材質的不同大致分為三種：即薄膜濾紙、纖維濾紙以及果膠濾紙。本實驗中所使用的濾紙則為以聚碳酸鹽為材質的薄膜濾紙(polycarbonate membrane filter, 0.4 μ m pore size, 37mm diameter, Nuclepore)。【4】

於採樣之前，濾紙與其墊片(cellulose backing pad)需先以 autoclave 滅菌，而三階式濾紙匣(3-stage polystyrene cassette, 37 mm diameter, SKC)則於清洗之後，置於無菌操作台中陰乾，同時以 UV 燈照射 24 小時【5】。之後將 Nuclepore 濾紙與其墊片置於濾紙匣中，以石臘膜密封之後帶至採樣地點以進行取樣的工作。採樣時以每分鐘 1.7 公升的流量採集空氣中的微生物(濾紙匣的開口朝下)。採樣時間為 30~60 分鐘。

至於可呼吸性(respirable)粉塵濃度的測定，則是使用二階式濾紙匣(2-stage polystyrene cassette, 37 mm diameter, SKC)加裝可呼吸性粉塵採樣器(Personal respirable dust sampler, 勞工安全衛生研究所)以分離出可呼吸性粉塵【6】。而此二階式濾紙匣(2-stage polystyrene cassette, 37 mm diameter, SKC)則於清洗之後，置於無菌操作台中陰乾，同樣以 UV 燈照射 24 小時【5】。之後將 Nuclepore 濾紙與其墊片置於濾紙匣中，以石臘膜密封之後帶至採樣地點以進行取樣的工作。採樣器同時分別配戴於雞農上衣領口處和裝置於養雞場中央定點(高度為 1.5 公尺)，收集雞農呼吸區和定點呼吸高度之粉塵暴露量。採樣時以每分鐘 1.7 公升的流量採集空氣中的微生物(濾紙匣的開口朝下)。採樣時間是雞農進入雞舍之工作時間，一般約為 30~60 分鐘。

採樣之後需作些前置處理始可進行培養基培養，如為三階式濾紙匣，則自濾

紙匣的後方及前方開口分別注入 1 ml 及 5 ml 的無菌水，蓋回蓋子後以 vortex 震盪之後【5】，將樣本液體倒出，並取適量以無菌水稀釋 10 倍及 100 倍。如為二階式濾紙匣，則自濾紙匣的後方及前方開口分別注入 1 ml 及 2.5 ml 的無菌水，蓋回蓋子後以 vortex 震盪之後【5】，將樣本液體倒出，並取適量以無菌水稀釋 10 倍及 100 倍。再分別從原樣本液體及 10 倍、100 倍的稀釋液中，各吸取 0.1ml，均勻塗抹在事先已配製好的細菌及真菌培養基上(各作 3 次，以求平均)，而倍率之選擇則以每個培養皿生成 30~300 個菌落數為標準【7】。採集所得之細菌樣本於 Trypticase Soy Agar(TSA)培養基中以恆溫箱(30)培養 1~2 日；真菌則以 Malt Extract Agar(MEA)培養基在室溫(22~25)之下培養 3~5 日。培養後，計數生成菌落數(Colony Forming Units, CFUs)，並計算其濃度。其中，真菌樣本除了計數總菌落數外，亦進一步進行主要菌屬別的鑑定。

在肺活量測定的部分，則是使用尖峰吐氣流量計(peak expiratory flow rate meter, TruZone)，在雞農工作前後分別進行測量和紀錄。

3. 菌種屬別鑑定：

在室溫下(22~25)經過 MEA 培養基培養 3~5 天之後，需對於其培養基中的各類真菌在菌種別上依其特徵作進一步的鑑定，以分別計算不同種類的真菌之菌落數目。鑑別菌種時，以出現率較高的四種真菌為主要鑑別對象，包括 *Cladosporium*、*Penicillium*、*Aspergillus* 及酵母菌【8】。

4. 資料分析：

資料分析，於養雞場以一個循環(45 天，約六週)的完整採樣結果和雞農尖峰吐氣流量測定結果為主。薄膜濾紙採樣器所採得之樣品，將培養基上形成之菌落計數後，除以採樣空氣體積算成空氣中生物氣膠濃度 (CFU/m³)，以總濃度方式呈現，以比較生物氣膠濃度和可呼吸性生物氣膠濃度於不同時期之濃度變化。

至於個人採樣方面，由雞農所採集的樣本，分別為雞齡 5、12、19、26、35、41 天時所採得，將樣本於培養基上培養後並計數，求出工作時期之平均暴露濃度，並與定點採樣結果進行比較。

將測得之尖峰吐氣流量工作前後數據予以相減，然後將其相減結果和養雞天數作圖，評估其相關性。

結果與討論

1. 雞舍生物氣膠濃度特性

養雞場空氣中微生物之濃度隨著雞隻成長階段的不同而變化，圖一顯示空氣中真菌濃度增加的情形。從雞舍內定點採樣之結果發現，在第 5 天所採集到空氣中真菌的平均濃度為 2.69×10^3 CFU/m³；在第 12 天為 1.28×10^4 CFU/m³，約為第 5 天的 4.7 倍；在第 19 天濃度為 2.38×10^4 CFU/m³，約為第 5 天的 8.8 倍；在第 26 天濃度為 3.01×10^4 CFU/m³，約為第 5 天的 11.2 倍；在第 35 天濃度為 3.18×10^4 CFU/m³，約為第 5 天的 11.8 倍；在第 41 天濃度為 3.58×10^4 CFU/m³，約為第 5 天的 13.3 倍。

在雞舍內可呼吸性生物氣膠採樣結果發現，在第 5 天所採集到空氣中真菌的平均濃度為 1.10×10^3 CFU/m³；在第 12 天為 4.19×10^3 CFU/m³，約為第 5 天的 3.8 倍；在第 19 天濃度為 3.97×10^3 CFU/m³，約為第 5 天的 3.6 倍；在第 26

天濃度為 8.97×10^3 CFU/m³, 約為第 5 天的 8.2 倍; 在第 35 天濃度為 1.13×10^4 CFU/m³, 約為第 5 天的 10.3 倍; 在第 41 天濃度為 1.15×10^4 CFU/m³, 約為第 5 天的 10.5 倍。由此可知, 養雞場空氣中真菌之濃度隨著雞隻的成長而大幅增加。

至於雞舍內各時期細菌濃度之採樣結果顯示 (如圖二所示), 在第 5 天所採集到空氣中細菌的平均濃度為 1.25×10^5 CFU/m³; 在第 12 天為 3.61×10^5 CFU/m³, 約為第 5 天的 2.9 倍; 在第 19 天濃度為 4.91×10^5 CFU/m³, 約為第 5 天的 3.9 倍; 在第 26 天濃度為 6.91×10^5 CFU/m³, 約為第 5 天的 5.5 倍; 在第 35 天濃度為 7.04×10^5 CFU/m³, 約為第 5 天的 5.6 倍; 在第 41 天濃度為 7.23×10^5 CFU/m³, 約為第 5 天的 5.8 倍。

在雞舍內可呼吸性生物氣膠採樣結果發現, 在第 5 天所採集到空氣中細菌的平均濃度為 1.04×10^4 CFU/m³; 在第 12 天為 3.41×10^4 CFU/m³, 約為第 5 天的 3.3 倍; 在第 19 天濃度為 9.27×10^4 CFU/m³, 約為第 5 天的 8.9 倍; 在第 26 天濃度為 8.13×10^4 CFU/m³, 約為第 5 天的 7.8 倍; 在第 35 天濃度為 9.96×10^4 CFU/m³, 約為第 5 天的 9.6 倍; 在第 41 天濃度為 1.56×10^5 CFU/m³, 約為第 5 天的 15 倍。因此, 由上述可知, 空氣中細菌的濃度如真菌一樣隨著雞隻的成長而增加, 且其增加的幅度更甚於真菌, 而養雞場空氣中細菌之濃度不僅遠大於真菌的濃度, 更超過於一個數量級以上, 也顯示出長時間處於雞場內工作的雞農所暴露之細菌濃度比真菌高出許多。

雞舍內可呼吸性真菌濃度佔總真菌濃度之分率 (如圖三所示), 第 5 天分率為 0.41、第 12 天分率為 0.33、第 19 天分率為 0.17、第 26 天分率為 0.30、第 35 天分率為 0.36、第 41 天分率為 0.32。將這些分率與雞齡作簡單線性回歸, 可發現其斜率趨近於零, 也就是說雞舍內可呼吸性真菌濃度佔總真菌濃度之分率不隨雞齡增長而改變, 其平均值為 0.33 ± 0.077 。

圖三亦顯示雞舍內可呼吸性細菌濃度佔總細菌濃度之分率, 第 5 天分率為 0.08、第 12 天分率為 0.09、第 19 天分率為 0.19、第 26 天分率為 0.12、第 35 天分率為 0.14、第 41 天分率為 0.22。將這些分率與雞齡作簡單線性回歸, 所得方程式為: 分率 = $(0.075 \pm 0.035) + (0.0028 \pm 0.0013) \times$ 雞齡, 從此方程式可發現雞舍內可呼吸性細菌濃度佔總細菌濃度之分率可能會隨雞齡增長而增加。至於本研所得之分率平均值為 0.14 ± 0.048 。

2. 個人採樣生物氣膠濃度特性

個人採樣所得的可呼吸性生物氣膠濃度也會隨著雞隻成長階段的不同而增加, 真菌方面 (如圖一所示), 在第 5 天所採集到空氣中真菌的平均濃度為 1.44×10^3 CFU/m³; 在第 12 天為 8.75×10^3 CFU/m³, 約為第 5 天的 6.1 倍; 在第 19 天濃度為 1.50×10^4 CFU/m³, 約為第 5 天的 10.4 倍; 在第 26 天濃度為 4.97×10^4 CFU/m³, 增加為第 5 天的 34.5 倍; 在第 35 天濃度為 6.35×10^4 CFU/m³, 約為第 5 天的 44.1 倍; 在第 41 天由於雞農並未進入雞舍內工作, 因此沒有進行個人採樣。

至於細菌方面 (如圖二所示), 在第 5 天所採集到空氣中細菌的平均濃度為 1.08×10^4 CFU/m³; 在第 12 天為 1.58×10^5 CFU/m³, 約為第 5 天的 14.6 倍; 在第 19 天濃度為 2.15×10^5 CFU/m³, 約為第 5 天的 19.9 倍; 在第 26 天濃度為 7.52×10^5 CFU/m³, 暴增為第 5 天的 69.6 倍; 在第 35 天濃度為 7.82×10^5 CFU/m³, 約為第 5 天的 72.4 倍。

由上述結果可知, 不論真菌或細菌, 其個人採樣濃度皆高於本研究之定點採樣結果, 在第 20 天後, 其個人採樣可呼吸性濃度甚至高於雞場內之總生物氣膠

濃度。根據雞農描述與現場觀察發現，雞農必須每天到雞舍中巡視，看是否有死雞、病雞，以便及早移出或治療。飼主會隨著雞隻的成長而加大其活動空間，研判拾雞過程所逸散的大量生物氣膠，使雞農在工作時所暴露的濃度，遠高於本研究雞舍內定點採樣所得的濃度。

在各生長階段主要真菌菌種的濃度變化情形（如圖四所示），在各個時期之中，除了第 19 及 26 天的 *Cladosporium* 以外，皆以酵母菌為最多，且其濃度在第 12 天就已顯著的增加。其他出現率較高的菌種，如 *Aspergillus* 和 *Penicillium* 之濃度也有明顯的增加。而 *Cladosporium* 在一開始有增加的趨勢，但在第 26 天後，濃度卻明顯的減少，此現象之成因需作進一步研究。

將雞農工作前後之尖峰吐氣流量值作配對 t 檢定，得知工作前後之尖峰吐氣流量達統計顯著差異（ $P \text{ value} < 0.01$ ），其工作完成後之減少量在 20-60 L/min 之間。由於雞農在雞隻飼養初期有感冒和肺部不適的症狀，所以本研究先取第 25 至 34 天的工作完成後尖峰吐氣流量減少量和進入雞舍工作時間作相關性研究。由圖五可發現，工作完成後尖峰吐氣流量減少量會隨著雞齡及工作時間增加而增加（相關係數 = 0.80），此現象說明，隨著雞齡增加，其進入雞舍工作時間會越久，而暴露生物氣膠濃度及暴露量也愈高，因而可能對雞農尖峰吐氣流量的影響越大。

結論

本研究結果顯示，雞舍內真菌或細菌之濃度皆會隨雞隻的成長而有顯著的增加。隨著雞隻的成長，最後出雞前之生物氣膠濃度可高達最初期濃度的 10 倍以上。至於雞舍內可呼吸性真菌與細菌濃度佔總真菌與細菌濃度之分率，則分別為 0.33 與 0.14。雞農的尖峰吐氣流量在工作完成後皆會下降，且會受到工作時間長短的影響。根據本研究所得之養雞場生物氣膠濃度範圍，若長期暴露有可能會造成身體各方面的不適與危害。因此建議在進入養雞場工作時，應穿戴適當呼吸防護具，以維護雞農健康。

參考文獻

1. 勞工安全衛生研究所 (1997). 生物氣膠危害暴露，勞工衛生相關技術資料彙編，第 2 章，第 8 節，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所。
2. 張靜文、鍾弘、黃金鳳、蘇慧貞 (1997). 養豬場作業環境暴露危害研究. 勞工安全衛生研究季刊，第五卷，第三期：第 1-22 頁。
3. 蘇慧貞、黃金鳳、林亮吟 (1994). 作業環境之生物性氣膠危害. 勞工安全衛生研究季刊，第二卷，第三期:第 1-13 頁。
4. 林文海 (1998). 真菌氣膠採樣技術之評估，台灣大學 公共衛生學研究所 博士

論文。

5. 勞工安全衛生研究所 (1996). 高濃度生物氣膠採樣計數之評估, 八十五年度研究計畫, 計畫編號: IOSH85-H301。
6. 蔡春進、黃政雄、林國清、石東生 (1998). 可呼吸性個人粉塵採樣器之研發. 勞工安全衛生研究季刊, 第六卷, 第一期: 第 1-7 頁。
7. 于台珊、陳志傑、張靜文、黃景祥、張瑞芸 (1996). 生物氣膠之採樣遮蔽效應對計數效率之影響. 勞工安全衛生研究季刊, 第四卷, 第四期, 第 53-64 頁。
8. 嚴介聰、王涵青、林文海 (2000). 養雞場及附屬飼料調配廠之生物氣膠特性評估. 二年氣膠科技研討會論文集, 第 89-94 頁, 新竹市。

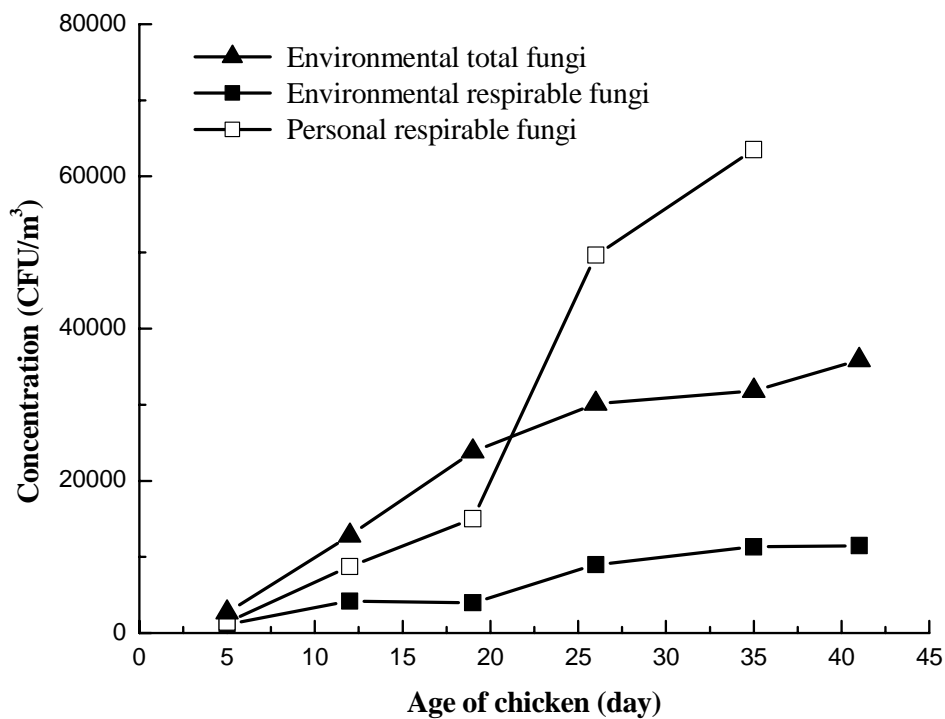


Figure 1. Fungal concentrations in the chicken house.

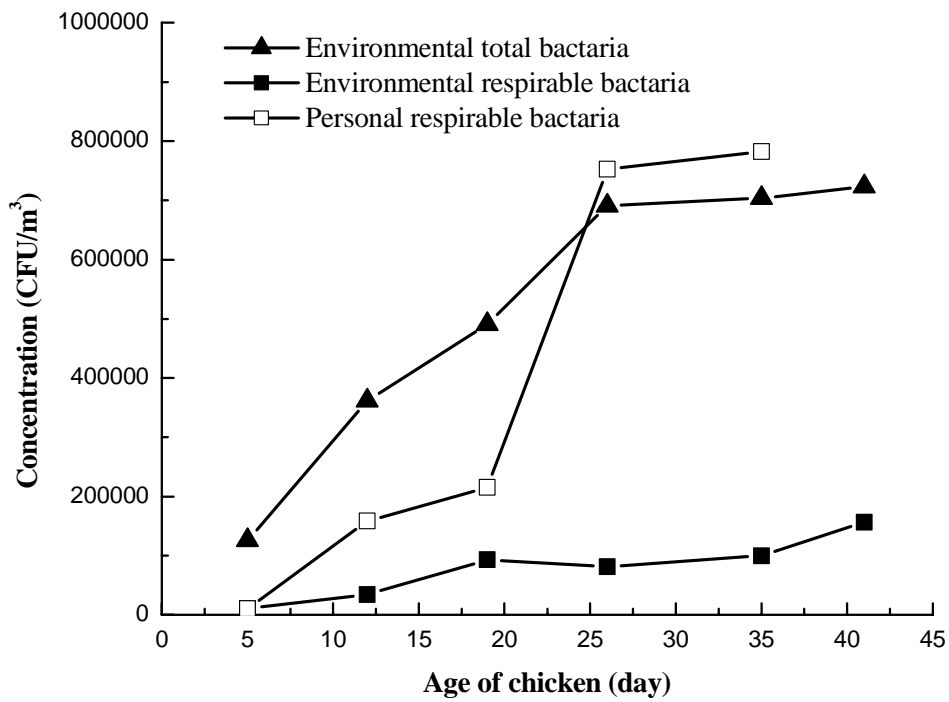


Figure 2. Bacterial concentrations in the chicken house.

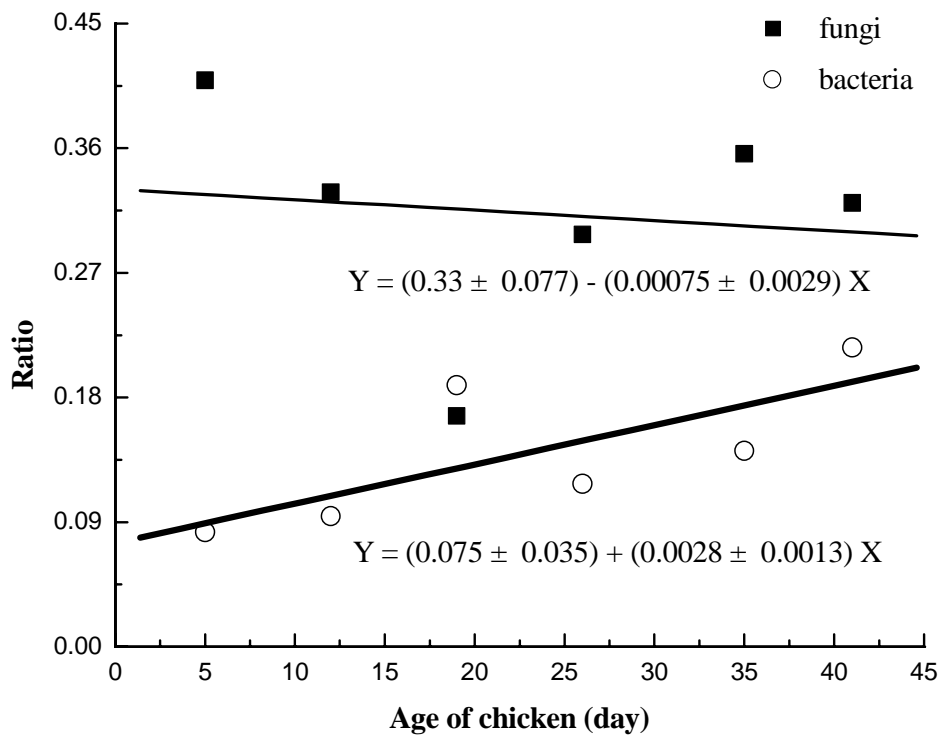


Figure 3. Ratios of environmental respirable and total bioaerosol concentrations.

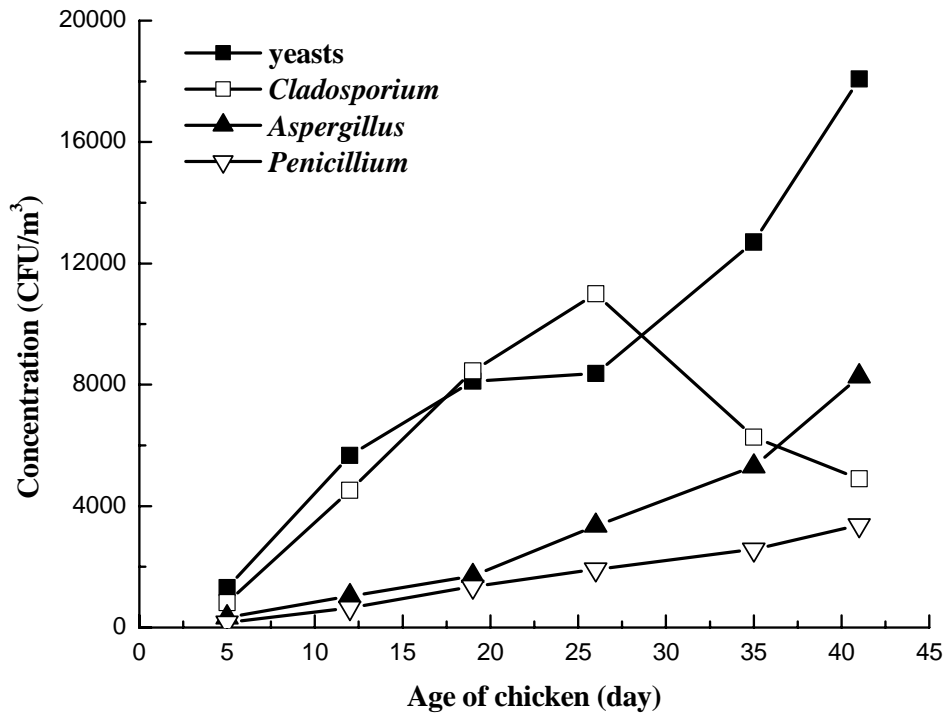


Figure 4. Concentrations of fungal species in the chicken house.

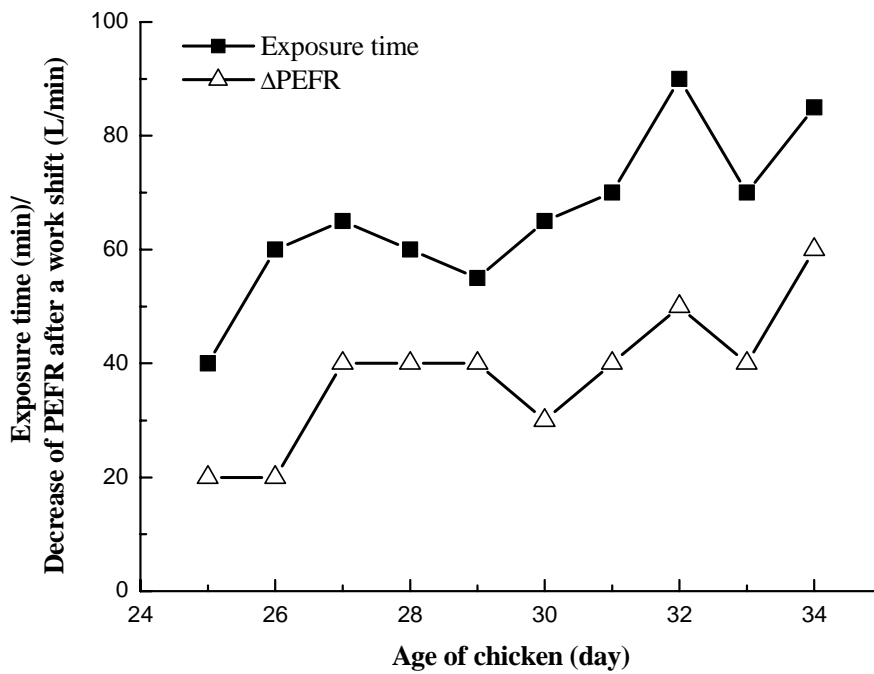


Figure 5. Relationships of exposure time and decrease of PEFR after a work shift with the age of chicken ($r= 0.80$).