

南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

捕蟲燈之設計及應用－以食品場所為例

Design and Application of Insect Trap Lamp--A Case Study of Its
Application in Restaurants

張志鵬

Chih-Peng Chang

指導教授：陳柏青 博士

Advisor: Bo-Ching Chen, Ph.D.

中華民國 107 年 6 月

June 2018

南華大學
永續綠色科技碩士學位學程
碩士學位論文

捕蟲燈之設計及應用—以食品場所為例

Design and application of insect trap lamp-- a case study of its application
in restaurants

研究生：張志鵬

經考試合格特此證明

口試委員：陳鵬文
洪耀明
陳兆青

指導教授：陳兆青

系主任(所長)：洪耀明

口試日期：中華民國 107年 6月 23日

誌謝

很快 2 年修業期間一下子就過了，超過 30 年再重拾課本當學生，除了感謝家人支持，也感謝利用假日幫我們分享專長所學的老師、學者及一些業界老闆主管，讓我受益良多。

感謝南華大學陳柏青院長擔任指導教授及班主任洪耀明主任努力督促引領我努力完成學業。

感謝中興大學昆蟲系唐立正老師實驗室提供飼養昆蟲，佳家有限公司施昌良先生提供實驗用昆蟲及實驗指導，耀際實業有限公司曾國政總經理提供實驗場所及提供食品製造場所捕蟲燈捕蟲調查數據，全方位病媒防治企業社提供食品製造場所捕蟲燈捕蟲調查數據，宥鑫環衛企業社提供食品販賣場所捕蟲燈捕蟲調查數據，讓我順利完成論文論述。

學業即將在論文完稿後告一段落，衷心感謝上課期間每位一路來相互支援同學及鼓勵親朋好友，讓我得以順利完成學業。

摘要

本研究之目的在透過光源選擇及提高光源效率，以提升捕蟲效果，同時將捕蟲燈融入食品場所裝潢中，以兼具衛生美觀。首先基於美觀、衛生、安全原則，選擇最適合食品場所之市售捕蟲燈樣式，利用室內空間，以蒼蠅為實驗對象，比較不同光源、效率、燈源方向及黏板顏色對捕蟲效果之影響；其次比較不同燈源尺寸、光源效率及消耗功率之燈具之節能及捕蟲效率；再配合環境顏色，利用數位輸出，設計可融入食品場所之捕蟲燈。研究結果顯示，考量節能、捕蟲效率及環境融入等三項評估指標時，以冷極燈泡CCFL 效果最佳，而白色黑格子及黃色黑格子捕蟲紙較黑色白格子捕蟲效果佳，此外，提高光源效率及增加側邊及下方開口等，可作為捕蟲燈改善以維持食品場所衛生之參考。

關鍵字：捕蟲燈、黏板、數位輸出、環境顏色

ABSTRACT

This study aimed to improve the trap efficiency by light source selection and enhancing light efficiency of the insect trap lamp. Meanwhile, the lamp was then incorporated into decoration of the restaurant to improve and maintain environmental hygiene of the restaurant. Based on beauty, hygiene, and safety principles, a variety of commercially available insect trap lamp types were chosen to find the most suitable type for restaurants.

The effects of light source, efficiency, direction, and color of insect-catching paper on fly trap efficiency were studied in an inner space. Furthermore, the influence of size, efficiency, and energy consumption of the lamps on energy utilization efficiency and fly-catching was also studied. Color effects of insect-catching paper on trap efficiency were also tested by pasting different color of insect-catching paper on lamp surfaces. The paper was obtained from digital output machine and in harmony with ambient environment. Results of this study indicated that cold cathode fluorescent lamp (CCFL) had best performance while considering energy efficiency, fly-catching efficiency, and environmental

harmony. White and yellow fly-catching paper with black bricker had better fly-catching efficiency than that of black paper with white bricker. Furthermore, enhancing light efficiency as well as adding side and below opening improved the trapping effect and maintain the sanitation of food premises.

Keywords: insect trap lamp, insect-catching paper, digital output, ambient color



目錄

誌謝.....	I
摘要.....	II
ABSTRACT.....	III
目錄.....	V
圖目錄.....	X
表目錄.....	XI
第一章 前言.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
1.3 本文組織.....	2
第二章 文獻回顧.....	3
2.1 早期裝設於食品場所捕蟲燈.....	3
2.2 近期新式捕蟲燈.....	4
2.2.1 傳統燈管捕蟲燈.....	4
2.2.2 LED(Light Emiting Doide)捕蟲燈.....	4
2.3 食品場所常見病媒昆蟲及傳染疾病.....	5
2.4 食品作業場所病媒防治常見防治方法.....	7
2.5 提高光源效率增加捕蟲效果比較.....	8

2.6 常用捕蟲燈黏板對顏色捕蟲效果比較	9
2.7 增加開放空間效果評估測試	10
2.8 節能環保燈源之選用	11
2.8.1 冷陰極燈管 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp) ..	11
2.8.2 發光二極體 LED.....	14
2.9 紫外線可能造成之危害	15
第三章 材料及方法	17
3.1 研究方法與實驗試區介紹	17
3.1.1 研究方法	17
3.1.2 實驗試區介紹	18
3.2 燈源選用實驗及測試	19
3.2.1 實驗方法	19
3.2.2 實驗設備	20
3.3 各燈源光譜分布及紫外線強度測量	21
3.3.1 光譜測量	21
3.3.2 紫外線強度測量	21
3.4 燈源功率及產品運用空間比較	22
3.4.1 比較方法	22
3.4.2 使用之燈源及種類	22

3.5 科技數位輸出	23
3.6 捕蟲效果測試實驗對象選擇	23
3.6.1 收集方法	23
3.6.2 資料分析	24
3.7 不同光源捕蟲效果測試	24
3.7.1 實驗條件	24
3.7.2 實驗設備	24
3.8 提高光源功率增加捕蟲效果測試	25
3.8.1 實驗條件	25
3.8.2 實驗設備	25
3.9 不同顏色捕蟲紙捕蟲效果測試	26
3.9.1 實驗條件	26
3.9.2 實驗設備	26
3.10 增加開放空間效果測試	27
3.10.1 實驗條件	27
3.10.2 實驗設備	27
3.11 統計分析	28
第四章 實驗結果	29
4.1 光源選擇實驗結果	29

4.2 各燈源光譜分布及紫外線強度測量	30
4.2.1 各燈源光譜分布	30
4.2.2 紫外線測量結果	31
4.3 燈源功率及產品運用空間比較結果	38
4.4 捕蟲燈效果測試實驗對象選擇	40
4.5 不同光源捕蠅效果測試	43
4.6 提高光源功率增加捕蟲效果測試	45
4.7 不同顏色捕蟲紙捕蠅效果測試	46
4.8 增加開放空間效果測試	48
第五章 討論.....	50
5.1 捕蟲燈燈源選用	50
5.1.1 燈源節能環保比較	50
5.1.2 捕蟲效果	50
5.1.3 燈源光波高峰能量分佈	50
5.2 實驗昆蟲.....	51
5.3 高效率燈源增加燈具運用空間比較	51
5.4 各燈源紫外線測量結果及比較	52
5.5 不同光源捕蠅效果測試	55
5.6 大小功率燈源捕蠅效果及效率	56

5.6.1 捕蠅效果	56
5.6.2 紫外線測量	56
5.7 常用捕蟲燈黏紙顏色捕蟲效果比較	57
5.8 增加開放空間效果測試及比對	57
5.9 捕蟲燈裝設高度及位置	58
5.9.1 高度	58
5.9.2 位置	59
第六章 結論與建議	60
6.1 結論	60
6.2 建議	61
參考文獻	62
附錄 A 台灣 2005-2008 年國民營養健康狀況變遷調查-按性別及地區	
層別	66

圖目錄

圖 1-1 論文研究架構.....	2
圖 4-1 各燈源光波分布.....	31
圖 4-2 低瓦數 6 瓦不同光源紫外線測量平均值(10cm~258.67cm) ..	32
圖 4-3 6 瓦不同光源紫外線測量平均值(50~258.67cm).....	33
圖 4-4 高瓦數燈源紫外線測量平均值(10~557cm).....	34
圖 4-5 高瓦數燈源紫外線測量平均值(50~550cm).....	35
圖 4-6 各燈源尺寸對照.....	40
圖 4-7 一家食品工廠捕蟲燈捕抓昆蟲統計.....	41
圖 4-8 5 家食品廠捕蟲燈捕蟲數量統計.....	42
圖 4-9 5 家餐飲場所捕蟲燈捕抓昆蟲統計.....	42
圖 4-10 不同光源捕蠅效果測試結果.....	43
圖 4-11 不同光源功率捕蠅效果測試結果.....	45
圖 4-12 不同顏色捕蟲紙捕蠅效果測試結果.....	47
圖 4-13 兩種不同燈源開口方向捕蠅測試結果.....	48
圖 5-1 傳統 BL 燈管及 12 瓦 BL 預估值與 CCFL 紫外線測量值比較曲 線.....	54
圖 5-2 12 瓦 CCFL 與 12 瓦 BL 預估值各距離紫外線測量值比較 ..	55

表目錄

表 2-1 液晶燈具與傳統日光燈功能比較表.....	12
表 2-2 液晶燈管 CCFL 與各式燈管比較表.....	13
表 3-1 研究方法.....	18
表 4-1 不同光源捕抓昆蟲數量統計.....	29
表 4-2 不同光源光譜儀測量結果.....	30
表 4-3 6 瓦各燈源紫外線測量值為 1 時之距離 cm 單因子變異分析	36
表 4-4 紫外線測量值為 1 時最遠距離 cm 同質子集.....	36
表 4-5 增大功率紫外線測量值 1 為時之距離 cm 單因子變異分析 ...	37
表 4-6 高瓦數紫外線測量值為 1 時之距離 cm 同質子集.....	38
表 4-7 各燈源尺寸對照表.....	39
表 4-8 不同燈源捕蠅效果測試單因子變異分析結果.....	44
表 4-9 不同燈源捕蠅效果同質子集.....	44
表 4-10 兩種不同功率捕蠅效果結果分析.....	46
表 4-11 不同顏色捕蟲紙捕蠅效果分析.....	47
表 4-12 兩種不同燈源開口方向捕蠅效果分析.....	49

第一章 前言

1.1 研究動機

民以食為天，人每日生活離不開食物，加以現代人生活忙碌，外食比例日益提高，相關食品餐飲場所乃相應增加。一旦餐飲場所及食品製作場所衛生條件不好，容易造成蚊蠅病媒害蟲孳生，除造成傳染疾病外，商家為消除此類害蟲發生往往盲目使用化學藥劑噴藥，反而容易造成環境及食品受到汙染；而市售捕蟲燈礙於美觀、效果或應付衛生檢查，往往不受重視及使用。因此發展一有效、美觀、耐用、節能之捕蟲燈，以裝設於食品場所，是改善及維持食品場所環境衛生品質迫切的課題之一。

1.2 研究目的

本研究之目的為利用燈源選用增加捕蟲燈使用壽命，同時比較捕蟲黏板顏色、增高光源效率及增加捕蟲燈開放空間，增加捕抓昆蟲效果。在不影響效果下，利用光源燈具改變減低機體受限制之尺寸、透過科技數位輸出，將最接近食品場所環境顏色或標誌圖樣轉印或黏貼於捕蟲燈外部，使捕蟲燈完全融入環境當中。另外探討捕蟲燈裝設之高度及位置，結合節能、捕蟲效率及環境融入等三項評估指標，以最

佳化捕蟲燈設計，創造安全、衛生、舒適之食品場所環境。

1.3 本文組織

依研究重點將本文分成五章, 如圖 1-1 所示, 各章內容簡述如下

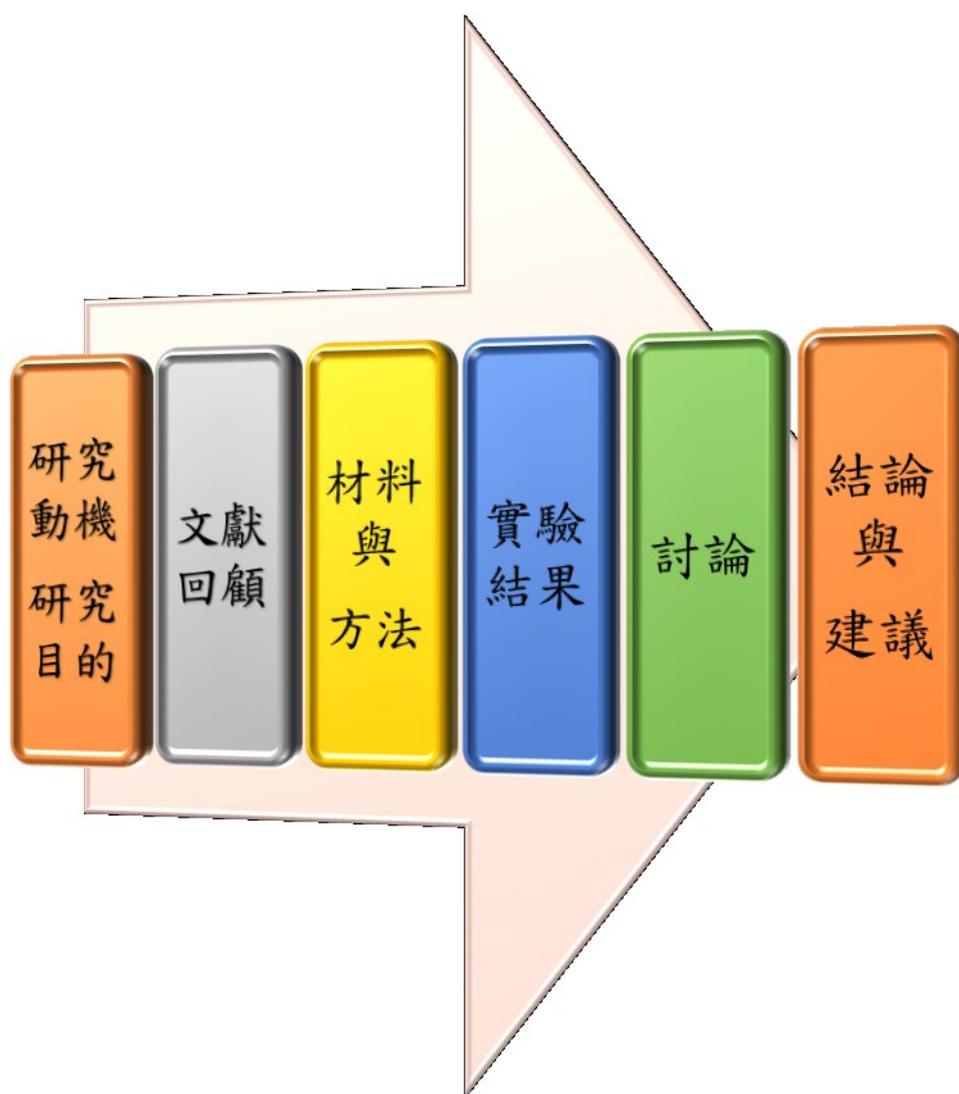


圖 1-1 論文研究架構

第二章 文獻回顧

2.1 早期裝設於食品場所捕蟲燈

裝設於食品場所之捕蟲燈早期皆以電擊式為主，(Lillie & Goddard, 1987)，利用可吸引昆蟲、波長為 365~400nm 可見光源之燈管 BL(Blacklight)，並於燈管前後裝置高壓電擊網，另有一收集被電擊昆蟲屍體之收集盒，昆蟲可從四面八方被燈源吸引，當昆蟲受光線吸引飛入捕蟲燈遭受電擊瞬間部份蟲體掉入收集盒。然而該裝置易使部分細小蟲體被電擊成更微小蟲體而四處飛散，間接也造成衛生問題 (Urban & Broce, 2000)。另電擊捕蟲燈由於功能設計關係，外觀無法融入裝潢中，且電擊瞬間聲響不小，使電擊捕蟲燈漸漸少用於食品場所。

曾等 (2006) 設計以波長 365~400nm 可見光源製成之燈管或黑燈管 BLB (Blacklight Blue)，於光源下裝置一吸風風扇，並於風扇下方裝置一網袋，昆蟲受光源吸引後被風扇吸入網內，利用防逃網及自然風乾造成昆蟲死亡。此類捕蟲燈運用食品場所除容易看到蟲體外，因風扇風乾蟲體也容易造成小蟲體四處飛散，因此造成衛生問題 (Urban & Broce, 2000)，影響人類健康。

2.2 近期新式捕蟲燈

2.2.1 傳統燈管捕蟲燈

Nelson & Anderson (1994) 使用引誘光的昆蟲誘捕器，其光源和外殼可以安裝在垂直表面上或放置在天花板表面附近，捕蟲器開口和光源形成面向上的開口，以便於飛行昆蟲進入以及將光線反射到垂直表面上，光線和向上面昆蟲的入口大大提高了捕獲率。其光源為利用 365~400nm 相同波長可見光源之燈管，於燈源下置放黏板，藉燈光誘引昆蟲至捕蟲燈內，以黏板黏住昆蟲達到捕蟲效果。設計上為避免在食品場所看到被捕抓蟲體，乃將光源朝上方，只靠上方一邊吸引昆蟲，但如為求增加捕抓效果裝設高效率燈管，又需增大捕蟲燈尺寸，影響美觀。另為避免顧客看到黏板上昆蟲及影響食品場所作業人員，往往裝設高度過高，影響捕蟲燈效果，在無法兼具美觀及效果下，往往以美觀作為優先考量，而造成捕蟲燈效果不佳。另使用傳統捕蟲燈管，有耗電、不環保、壽命短之問題，因此發展高效率節能又兼具美觀之捕蟲裝置，成為捕蟲燈發展之關鍵。

2.2.2 LED(Light Emitting Doide)捕蟲燈

李與施(2012)使用市售捕蟲燈燈管，改成 LED 吸入式誘蟲器，其波長 365~400nm 可見光源，並與原燈管型作效果測試比較，發現

使用效果並無明顯差異，但 LED 型較省電。然而 LED 需嵌入式設計，發光模組並須搭配直流電源，除非大量生產為燈管燈泡型，運用於食品場所時需另行搭燈具使用，成本相對提高，使運用空間減低。

2.3 食品場所常見病媒昆蟲及傳染疾病

王（1993）食品作業場所食品工廠餐廳廚房常見的病媒害蟲主要有蒼蠅、蟑螂。

王與翁（2017）食品工廠餐廳廚房常見的病媒害蟲主要有蒼蠅、蟑螂另食材有不新鮮也有米象、甲蟲、麥蛾等穀物害蟲。

李與王（2000）指出蒼蠅多孳生於垃圾、腐敗有機物等疾病病原繁殖的骯髒處所，成蟲為覓食則侵入廚房及小吃攤，成為污染食物及傳染疾病之媒介昆蟲。防治蒼蠅除了整理環境外，可利用電擊誘蟲燈及黏蠅紙等物理方法防治。

蟑螂性喜溫暖潮濕，具群聚性、夜行性及趨觸性。牠們夜出覓食，日間藏匿各處之縫隙中，所以一般白天不會看到蟑螂。蟑螂曾被發現為某些寄生蟲之中間寄主，對體質敏感的人而言，吸入或攝入帶有過敏原之蟑螂屍體碎片時，會產生過敏反應，其身體攜帶病原菌又間接威脅人類之健康。防治蟑螂的治本方法即注重環境衛生，然而受到諸多因素之影響，通常很難完全做得到，因此藥劑防治便成為絕佳的輔

助工具。

唐等 (2008) 提及經蠅類傳播的疾病有蠅蛆症 (myiasis)、生物性傳播疾病、機械性傳播疾病 (mechanical transmission disease)。生物性傳播疾病是以吸血性蠅類傳播疾病為主要方式，其中最主要的是舌蠅屬 (Glossina)，又名采采蠅 (tsetse flies)。機械性傳播疾病是非吸血蠅類傳播病原體，也是常見於餐飲場所之蠅類。目前已證實蠅類能攜帶的細菌有 100 多種，原蟲約 30 種，病毒 20 種。此外還可攜帶蠕蟲卵、珙類等，其中最主要的疾病有細菌性腸道感染 (主要是痢疾與傷寒)、霍亂、眼疾、小兒麻痺症 (脊髓灰白炎) 和其他病毒性腸道感染、結核病和寄生蟲等。

Ostrolenk & Welch (1942) 提及蒼蠅是食品生產場所食物中毒生物的傳染媒介。

黃 (2012) 論文中提及家蠅對人畜的危害可分為直接騷擾及間接傳播病原菌兩方面，家蠅的活動範圍多與人類生活環境相關，孳生於垃圾堆、糞坑、廁所、畜舍及腐敗有機物等，成蟲為覓食會入侵食品場所、餐廳、小吃、觀光景點、市場、住家、醫院及學校等造成嚴重騷擾性的危害。

李與王 (2000) 更指出家蠅發育生長快速、生活史短且繁殖力強，能在短時間內大量繁殖後代，因此嚴重影響環境衛生、容易傳染疾病

並危害人體健康。

蒼蠅為餐飲場所常見昆蟲、直接騷擾及間接傳播多種病原菌，加以生長快速、生活史短且繁殖力強，選用蒼蠅作為實驗對象除可達到實驗目的，並可作為未來餐飲場所衛生指標之參考。

2.4 食品作業場所病媒防治常見防治方法

王與翁(2017)指出在食品作業場所病媒蟲鼠常見防治方法為環境管理、物理防治法、化學藥劑防治法、生物防治法、病媒害蟲綜合管理 IPM (Integrated pest management) 等。

- (1) 環境管理：例如清理水溝、積水以防蚊蟲；清理廚餘、垃圾，以防蟑螂、老鼠；以吸塵器吸跳蚤卵、幼蟲和蛹；蒸氣、液態氮滅蟻、CO₂ 燻蒸穀物害蟲等。
- (2) 物理防治：例如以捕蟲燈、黏蠅紙、捕鼠器或以日曬法消除臭蟲、蚤、蝨以紗窗(門)防蚊、蠅等。
- (3) 化學防治：以殺蟲劑、殺蟑劑、毒鼠餌等誘殺。
- (4) 生物防治：如大肚魚、孔雀魚、劍水蚤等捕食蚊幼蟲，放射線處理、基因改造或立克次體寄生造成雄蚊不孕，或以微生物製劑蘇力菌 (BTI) 殺子子。
- (5) 病媒害蟲綜合管理 IPM：結合兩種以上的方法，擇優互補，藉現

蹤調查偵測，悉害蟲生態習性，強化防治方法的有效運用。

物理防治法是以捕蟲燈、捕蟑屋、黏鼠板等、黏鼠板等利用物理原理或方法捕捉、撲殺病媒蟲鼠。

一般捕蟲燈市面上看到的捕蟲燈燈管大概可以區分成三種，分別為黑光、黑藍光、黑綠光。果蠅對 340~360nm 之間的燈光反應較好，黑光（360nm~400nm）抓家蠅的效果比黑藍光（320~360nm）要好綠光加上黑光（340~380nm、540nm）比純黑光可以多捕捉到 30% 的家蠅，同時也能多吸引一些穀倉害蟲和蚊子。

防治入侵食品場所害蟲除了環境管理、化學防治還有物理防治，利用物理方法捕蟲燈捕抓飛入餐飲場所昆蟲，除可維持食品場所衛生，並可減少化學殺蟲劑使用。

2.5 提高光源效率增加捕蟲效果比較

Gilbert (2007) 指出蒼蠅的視覺系統，每個眼睛含有約 24,000 個光感受器的視網膜，被分組為大約 3000 個光學單元，稱為複眼 (OMMATIDIA)。每個複眼有的 8 個光感受器，通過複眼看到的世界是非常粗糙的像素化，特別是與脊椎動物的單眼晶狀體視覺相比。透過這些結構展現出最高的空間敏感度及對光線敏感視力。

Pickens & Thimijan (1986) 針對紫外線發射電子捕蠅器的六個參

數對家蠅捕獲的影響進行了評估，測試因子包括燈具對蒼蠅的亮度、陷阱的紫外線反射或發射區域的大小、燈具效率、陷阱形狀、陷阱顏色和陷阱大小。紫外線燈源的亮度和大小是最重要的兩個影響捕獲的參數，其他因素包括燈泡方向、背景光度和陷阱位置，也影響陷阱的吸引力。

綜上所述，利用提高光源效率增加紫外線強度或可改善增加捕蟲效果。

2.6 常用捕蟲燈黏板對顏色捕蟲效果比較

楊與洪（2001）使用多種顏色黏板進行效果比較，發現多數昆蟲被捕抓效果會受顏色影響。

黃（2012）則評估不同誘引器顏色外觀視覺偏好對家蠅防治效果，結果顯示白色與紅色及黃色誘引器的誘捕率間具顯著性差異，與黑色、白色底有黑點及黑色底有白點誘引器的誘捕率間不具顯著性差異，紅色及黃色誘引器的誘捕效果最差。

Bellingham (1994) 指出家蠅於室內喜愛停在黑色及紅色、粗糙的物體表面上，在室外則喜愛停在黃色及白色的物體表面上。

王等（1984）提到黃色及橙色對家蠅具有較佳的誘引效果。

吳（2001）於室內觀察家蠅對顏色的選擇性，將黏蠅紙塗刷紅色、

藍色、黃色、黑色及白底黑點等 5 種不同顏色，以白色為對照組，觀察誘蠅指數大小即捕獲數量，依次為白底黑點、白色、藍色及黑色，而紅色及黃色的誘引效果最差，且白底黑點的誘捕率為白色的 1.6 倍。不同顏色黏板的選擇可增加昆蟲捕抓率。

綜上所述，本研究將常用裝於食品營業場所捕蟲燈之捕蟲紙，包括白色黑格子、黑色白格子、黃色黑格子，探討不同顏色黏式捕蟲紙用於捕蟲燈是否有差別及增加捕蟲效果。

2.7 增加開放空間效果評估測試

Nelson & Anderson (1994) 使用引誘光的昆蟲誘捕器包括光源和外殼可以安裝在垂直表面上或放置在天花板表面附近。捕蟲器開口和光源形成面開口向上的，是目前最常用機型。

王與翁 (2017) 利用物理原理或方法捕捉、撲殺病媒蟲鼠，一般市面上利用捕蟲燈捕抓害蟲看到的燈管大概可以區分成三種，分別為黑光、黑藍光、黑綠光。果蠅對 340~360nm 之間的燈光反應較好，黑光 (360nm~400nm) 抓家蠅的效果比黑藍光 (320~360nm) 要好，綠光加上黑光 (340 ~ 380nm、540nm) 比純黑光可以多捕捉到 30% 的家蠅，同時也能多吸引一些穀倉害蟲和蚊子，捕蟲燈水平射出的燈光比朝下的燈光可以多抓 1.5 倍的蒼蠅，比向上的燈光可多抓 3 倍的

蒼蠅。

Pickens & Thimijan (1986) 研究指出燈管水平長軸放置比長軸垂直放置多吸引了 2.6 倍的蒼蠅。捕蟲燈水平射出的燈光比朝下的燈光可以多抓 1.4 倍的蒼蠅，比朝上的燈光可多抓 3 倍的蒼蠅。

因此本研究在不影響美觀下，將食品場所捕蟲燈增加朝側邊、向下、前方之開口，以增加捕蟲數量。

2.8 節能環保燈源之選用

2.8.1 冷陰極燈管 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)

工業技術研究院(2009)比較液晶燈具 CCFL 與傳統日光燈功能(表 2-1)及液晶燈管 CCFL 與各式燈管功能(表 2-2)，結果顯示 CCFL 冷陰極管在省電、節能、環保等項目表現優異。

表 2-1 液晶燈具與傳統日光燈功能比較表

	液晶燈 (CCFL)	T8 日光燈 (HCFL)	T5 節能日光燈 (HCFL)
每小時耗電功率 (Watts/ Hrs)	32W	110W	62W
省電比 (Energy Saving Rate)	比 T8 省電 70% 比 T5 省電 48%	-	比 T8 省電 43%
平均壽命 (Average Life)	50,000Hrs 以上	5,000~8,000Hrs	10,000~20,000Hrs
燈管管徑 (Lamp Diameter)	4mm	26mm	16mm
汞含量 (Mercury Content)	3mg 以下 可回收固態汞	10~15mg 不可回收液態汞	5mg 以下 可回收固態汞
CO ₂ 污染排放量 (CO ₂ Pollution)	173.8Kg/Year	597.4Kg/Year	336.7Kg/Year

註一：依台電計算公式，1 度電約排放 0.62 公斤的 CO₂

資料來源：工業技術研究, (2009) CCFL 液晶燈 LCD Lighting 照明技術新知

表 2-2 液晶燈管 CCFL 與各式燈管比較表

燈管種類	節能液晶燈管 (CCFL 冷陰極管)	LED 燈管	T8 傳統的日 光燈 (熱陰極管)	T5 傳統省電型 日光燈) (熱陰極管)
電氣、光 學特性	安定	安定	不安定	不安定
發光效率	95Lm/W	50~65Lm/W	70Lm/W	95Lm/W
燈管平均 壽命	80,000~100,000 小時	10,000~20,000 小時 (LED 顆粒已有 損壞影響性能)	4,000~5,000 小時	10,000~20,000 小時
汞含量	3mg 以下 可回收固態汞	無(屬半導體製 程, 汙染更嚴 重)	10~15mg 不可回收液 態汞	5mg 以下 可回收固態汞
重量	輕	重(需要極大的 散熱片)	重	中等
發熱量 (影響空 調溫度)	低(可節省冷房 10~20%電費)	超高(需要極大 的散熱片)	高	中等
消耗電力	低	高-視 LED 顆 粒數而定(顆粒 越多消耗電電 力越高)	高	低

資料來源：工業技術研究院, (2009) CCFL 液晶燈 LCD Lighting 照明技術新知

陳與蘇（2011）研究台灣建築照明所用的光源，指出近年來為了反應全球節能減碳的需求，開始有突破性而發展出數種新式高效率光源節能燈，如 T5 螢光燈取代傳統 T8 螢光燈，冷陰極螢光管燈取代傳統 T8，螢光燈 HID 複金屬燈、HID 氬氣燈取代水銀燈，LED 燈取代鹵素燈等，這些高效率新式高效率光源節能燈減碳效果佳，故可視為綠色照明燈具。

經濟部（2008）則指出冷陰極螢光燈管具有下列特色：(1)小形、輕量化 (2)長壽命，可達 50,000~70,000h (3)可瞬時點燈 (4)低消費電力 (5)低發熱量 (6)點滅特性佳 (7)耐振性佳 (8)耐衝擊性佳 (9)容易調光 (10)電氣特性穩定 (11)光學特性佳 (12)點燈回路簡單 (13)配線容易 (14)高輝度 (15)外形容易變更可彎曲成 L 型、U 型、W 型等 (16)低成本化。

2.8.2 發光二極體 LED

Nardelli 等（2017）評估發光二極管（LED）作為建築物中使用的光源的潛力，從來源、科學的評論文章，政府報告和七個製造照明來源公司的產品目錄等進行分析。結果顯示，LED 使用壽命長、相關色溫範圍廣泛、良好的發光效率及顯色指數等許多與螢光燈有類似的特性。缺點是購置成本仍然高於其他照明系統及市場提供太多低質

量的 LED，此外散熱不足的 LED 造成高流明可能折損，因此壽命更短。儘管 LED 有這些限制，但是技術正在不斷發展，與其他光源不同，它有很大的改進潛力，可能是未來幾年最好的照明選擇。

Barbosa 等 (2016) 使用高功率 (HP) LED 燈，指出照明設備使用 HP-LED 燈與傳統光源相比具有廣泛的優勢，包括：(1) 壽命長 (2) 高亮度 (3) 低功耗 (4) 小尺寸 (5) 快速反應和高可靠性。除了這些優點，LED 即使在陽光下也可以看到光線，而 LED 耐受機械衝擊和振動，HP-LED 的小巧尺寸使得光學設計更加出色靈活。另由於 LED 發光具有角度，光源屬於方向性，影響照明的具體要求在目標平面 (地板) 上的圖案，造成許多燈有亮度沒照度，光通量必須被引導在一個更廣的角度上，目前已經提出了幾種光學設計改善此問題以滿足需求。為滿足發光效率的 LED 逐年增加，選擇之一照明是使用由模組陣列組成的群集 LED 一個封裝可以產生 4400 流明的輸出光通量，另一種選擇是建立由幾個燈組成的燈具功率較低的 LED 排列成一定的陣列，該組件可以發出高光通量。

2.9 紫外線可能造成之危害

David 等 (2016) 進行捕蟲燈的紫外線安全性評估，在其研究中 UV-A 燈的 UV-A 輻射度太低，不足以造成任何視網膜問題，而且不

會受到“藍光危害”（一種有效的藍光輻射度，旨在保護人類視網膜免受視網膜炎）的影響，但風險組（潛在危害極低）可適用於商業燈具產品，其評估距離取決於功率大小，對於小於 50 瓦的產品為 150 cm，對於功率輸入為 50-120 瓦的 300cm 和對於超過 120 瓦的燈產品為 300cm 以上，當與捕蟲燈燈源距離小於上述之條件有潛在危害之風險。

何與藍（2009）指出由於 UVA 紫外線之穿透力強，容易形成眼睛深部視網膜的光害，如老年性黃斑部病變，以及加速視網膜色素細胞炎的患者感光細胞的退化。

綜上所述，捕蟲燈的紫外線安全性評估潛在危害極低，但捕蟲燈水平射出的燈光仍有潛在危害，所以目前使用在食品場所捕蟲燈皆採用開口向上，水平方向封閉或避免直視燈源之開口，因此本研究中將利用增加側邊開放空間，比較朝下測試捕蟲效果，以增加捕蟲效果應用及避免潛在危害。

第三章 材料及方法

3.1 研究方法與實驗試區介紹

3.1.1 研究方法

- (1) 實驗燈源選用：目前常用於餐飲場所捕蟲燈皆使用傳統 BL 燈源，利用近年常用之燈源，透過燈源之實驗及測試，以選擇實驗可用燈源作為取代傳統燈源之參考。另利用光譜儀及紫外線測量儀，測量選用燈源光波之分布、紫外線強度及距離，以求實驗正確性及作為引用數據資料之參考。
- (2) 選擇實驗昆蟲：從各不同食品場所、不同捕蟲燈收集之捕蟲資料，比對收集昆蟲種類及數量，選擇以常見餐飲場所及危害人類健康受捕蟲燈吸引之昆蟲，作為實驗用之昆蟲。
- (3) 增加捕蟲效果各項因子實驗：利用選用實驗之燈源及昆蟲，作不同光源、提高光源功率、不同顏色捕蟲紙及增加開放空間捕蟲效果測試，利用測試結果分析比對作為捕蟲燈捕蟲效果及設計參考。
- (4) 增加燈具科技外觀探討：從燈源功率及產品對於燈具運用空間比較、不同光源及增加開放空間捕蟲效果測試結果，比較分析，並

利用科技數位輸出，作為捕蟲燈燈具設計參考，增加可運用空間及變化。

表 3-1 研究方法

研究方式	研究方法
實驗燈源選用	田間實驗 光譜分布及紫外線強度量測
選擇實驗昆蟲	捕蟲數據資料收集 參考文獻
增加捕蟲效果各項因子 (實驗室)	不同燈源 提高光源功率 不同顏色捕蟲紙 增加開放空間
增加燈具科技外觀探討	燈源功率及產品增加燈具運用空間比較 不同光源及增加開放空間捕蟲效果測試結果 科技數位輸出

3.1.2 實驗試區介紹

3.1.2.1 增加光源可用選擇實驗

- (1) 實驗場所：食品儲存倉庫大小 18m (米) x 5m x 3.6m (長 x 寬 x 高)鐵皮屋，4 窗一門，窗戶長期半開狀態，出入頻繁，附近公園，儲存食品材料。

- (2) 比對組為一般居家環境。
- (3) 捕蟲燈裝設高度：一公尺高採全開放式
- (4) 捕抓昆蟲：入侵食品儲存倉庫之昆蟲

3.1.2.2 捕蟲效果實驗

- (1) 實驗場所：不透光 4m (米) x 4m x 2.8m (長 x 寬 x 高) 室內空間，牆面刷白色油漆，不同顏色或透光部分先以黑色遮光紙覆蓋後鋪設白色紙材，光源捕蟲燈之間以不透光表面白色材質區隔。
- (2) 實驗昆蟲：每次 30 隻、2-6 日齡隨機取樣之家蠅
- (3) 捕蟲燈高度：154 公分 (61 英吋)
- (4) 蒼蠅投放地點：距離捕蟲燈 4m 地面
- (5) 燈源使用：超過 24 小時

3.2 燈源選用實驗及測試

選取不同於傳統燈源之燈源，於食品儲存場所進行捕蟲測試，作為實驗對象之選擇

3.2.1 實驗方法

- (1) 於食品儲存半開放倉庫，利用同一黏式捕蟲燈具，利用常用不同光源測試昆蟲捕抓效果，另設對照組。
- (2) 另針對選用光源，於居家場所設置相同光源之吸入式捕蟲燈，測

試比對昆蟲捕抓效果。

(3) 測試時間每日下午 6 時至隔日上午 6 時每式樣 36 小時

3.2.2 實驗設備

(1) 燈具 T1 照明可掀式燈罩捕蟲燈 380mm x 215mm x 180mm (寬 x 高 x 深)

(2) 捕抓材料同款白色黏蟲紙 2 張 23 x 9 cm

(3) 測試之燈源 (波長高峰 350~390 nm)

(a) 6 W (瓦) 發光二極體 LED (3W x 2 顆) 燈組

(b) 6 W 冷極燈管燈泡 CCFL

(c) 8 W 藍黑燈管 T5 BLB

(4) 比對組吸入式捕蟲燈 (成品)

(a) 6 W 冷極燈管燈泡 CCFL 吸入式捕蟲燈

(b) 藍黑燈管 6 W x 2 支 吸入式捕蟲燈

(c) 6 顆 LED 吸入式捕蟲燈

(5) 對照組 3U 電子式省電燈泡 20 W (一般照明燈泡)

3.3 各燈源光譜分布及紫外線強度測量

3.3.1 光譜測量

- (1) 測量目的：檢驗各燈源是否光波高峰值落在相同區間。
- (2) 測量儀器：葆馨國際科技股份有限公司 SD901 光譜測定儀。
- (3) 測量對象：6 W 冷極燈管燈泡 CCFL、12 W 冷極燈管燈泡 CCFL、8 W T5BL、8 W T5BLB、20 W BLB 螺旋燈泡、18 W LED。
- (4) 測量方法：於暗房內離 10 公分位置測量波長範圍 340~400 nm 光波能量值，每 10 nm 作成紀錄。

3.3.2 紫外線強度測量

- (1) 測量目的：
 - (a) 測量各實驗對象紫外線強度及測量值為 $1 \mu \text{W}/\text{cm}^2$ (Radiometric) 可到達之距離。
 - (b) 以測量數值比較分析各燈源及功率與傳統燈管之差別。
 - (c) 以測量紫外線可達距離 (Pickens & Thimijan, 1986) 作為可吸引昆蟲區域大小之參考。
- (2) 測量儀器：海基國際 CHY-732 UVA 紫外線測量儀
- (3) 測量對象：6 W 冷極燈管燈泡 CCFL、6 W T5BLB、6 W LED、12 W 冷極燈管燈泡 CCFL、15 W T8BL、10 W T8BL、18 W LED

(波長高峰 340~400 nm)

(4) 測量方法：

(a) 每種對象隨機取樣 3 支，於暗房內以距離燈源中心水平方向 10 公分位置、50 公分位置及每 50 公分間隔測量紫外線值。

(b) 當測量值為 $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 記錄其距離。

3.4 燈源功率及產品運用空間比較

3.4.1 比較方法

- (1) 收集多種燈源相同型式不同瓦數作尺寸比較差異性
- (2) 參考製造商規格及實際量測各燈源比較尺寸大小作成紀錄

3.4.2 使用之燈源及種類

- (1) 常用 BL 8 W、10 W、15 W、20 W (3U)
- (2) BLB 8W、15W、20 W (螺旋電子式)
- (3) 冷極燈管燈泡型 6W、12W
- (4) LED 6 W (3W x 2 顆)、18 W (3W x 6 顆)

3.5 科技數位輸出

- (1) 使用設備：坊間海報廣告商數位輸出膠膜設備。
- (2) 設計方向：依捕蟲燈外觀尺寸、餐飲場所裝潢背景顏色、餐飲場所品牌標誌圖樣、餐飲場所客戶要求作數位輸出，黏貼於捕蟲燈外觀，將捕蟲燈融入食品場所環境中。

3.6 捕蟲效果測試實驗對象選擇

3.6.1 收集方法

- (1) 收集來源：從 6 家食品製造工廠及 5 家餐飲販賣場所使用黏板式捕蟲燈
- (2) 捕蟲燈式樣：
 - (a) 一家食品廠使用 15 瓦 x 2 支 BL 捕蟲燈，捕蟲燈開放方向水平，黑色白格子捕蟲紙，收集期間為 2016 年整年度。
 - (b) 五家食品廠使用 10 瓦 BL 捕蟲燈，捕蟲燈開放方向向上，黃色黑格子捕蟲紙，收集期間為 2017 年 6 至 9 月份。
 - (c) 五家餐飲販賣場所使用 6 瓦 CCFL 捕蟲燈，捕蟲燈開放方向向上，白色黑格子捕蟲紙，收集期間為 2017 年 11 至 12 月
- (3) 收集間隔：15 至 30 天一次
- (4) 捕抓昆蟲小於 1mm 以下或無法判別之昆蟲歸列為其他

3.6.2 資料分析

- (1) 從已裝設捕蟲燈捕獲之資料數據，進行資料收集分析。
- (2) 從常見騷擾性及易傳染疾病危害人類之昆蟲選定蒼蠅為實驗對象。

3.7 不同光源捕蟲效果測試

3.7.1 實驗條件

- (1) 選用同瓦數燈源、同類型燈具、不同燈源進行捕蟲效果實驗。
- (2) 每種光源之間以不透光表面白色材質區隔。
- (3) 將牆面區分為 3 格、將測試捕蟲燈裝置於中間位置。
- (4) 燈源高度離地面 154 公分。
- (5) 於 4m x 4m x 2.8m (長 x 寬 x 高) 無光害實驗空間，以每次 30 隻蒼蠅進行 3 重複測試。
- (6) 以 30 分鐘為調查時間，每 5 分鐘紀錄捕蟲數量。

3.7.2 實驗設備

- (1) 燈具：T1 照明可掀式燈罩捕蟲燈 380 x 215 x 180mm (寬 x 高 x 深) 3 個
- (2) 捕抓材料：每台同款白色黑格子黏蟲紙 2 張 23 x 9 cm

(3) 測試之燈源（波長高峰 340~400 nm）：

(a) 6 W LED (3 w x 2 顆)燈 1 組

(b) 6 W 冷極燈管燈泡 1 個

(c) 6 W BLBT5 藍黑燈管 1 組

3.8 提高光源功率增加捕蟲效果測試

3.8.1 實驗條件

- (1) 選用 2 種不同功率，同一類型燈源燈具進行捕蟲效果實驗。
- (2) 光源之間以不透光表面白色材質區隔。
- (3) 將牆面區分為 2 格將測試捕蟲燈裝置於中間位置。
- (4) 燈源高度離地面 154 公分。
- (5) 於 4m x 4m x 2.8m（長 x 寬 x 高）無光害實驗空間，以每次 30 隻蒼蠅進行 3 重複測試。
- (6) 以 30 分鐘調查時間每 5 分鐘紀錄捕蟲數量。

3.8.2 實驗設備

- (1) 燈具：T1 照明可掀式燈罩捕蟲燈 380 x 215 x 180 mm（寬 x 高 x 深）2 個
- (2) 捕抓材料：每台同款白色黏蟲紙 2 張 23 x 9 cm

(3) 測試之燈源（波長高峰 340~400 nm）：

(a) 6 W 冷極燈管燈泡 1 個

(b) 12 W 冷極燈管燈泡 1 個

3.9 不同顏色捕蟲紙捕蟲效果測試

3.9.1 實驗條件

- (1) 選用相同瓦數、燈具及燈源，進行捕蟲效果實驗。
- (2) 將常用不同顏色捕蟲紙分別放入捕蟲燈中。
- (3) 光源之間以不透光表面白色材質區隔。
- (4) 將牆面區分為 3 格將測試捕蟲燈裝置於中間位置。
- (5) 燈源高度離地面 154 公分。
- (6) 於 4m x 4m x 2.8m（長 x 寬 x 高）無光害實驗空間，以每次 30 隻蒼蠅進行 3 重複測試。
- (7) 以 30 分鐘調查時間每 5 分鐘紀錄捕蟲數量。

3.9.2 實驗設備

- (1) 燈具：T1 照明可掀式燈罩捕蟲燈 380 x 215 x 180mm（寬 x 高 x 深）3 個
- (2) 捕抓材料：每次同款

- (a) 白色黑格線黏蟲紙 2 張 23 x 9cm
 - (b) 黃色黑格線黏蟲紙 2 張 23 x 9cm
 - (c) 黑色白格線黏蟲紙 2 張 23 x 9cm
- (3) 測試之燈源 (波長高峰 350~390 nm) : 12 瓦冷極燈管燈泡 CCFL

3.10 增加開放空間效果測試

3.10.1 實驗條件

- (1) 選用相同瓦數、燈具及燈源，進行捕蟲效果實驗。
- (2) 捕蟲燈光罩開口方向朝向下及側邊。
- (3) 將牆面區分為 2 格將測試捕蟲燈裝置於牆面中間位置。
- (4) 光源之間以不透光表面白色材質區隔。
- (5) 燈源高度離地面 154 公分。
- (6) 於 4m x 4m x 2.8m (長 x 寬 x 高) 無光害實驗空間，以每次 30 隻蒼蠅進行 3 重複測試。
- (7) 以 30 分鐘調查時間每 5 分鐘紀錄捕蟲數量。

3.10.2 實驗設備

- (1) 燈具：T1 照明可掀式燈罩捕蟲燈 380 x 215 x 18mm (寬 x 高 x 深) 2 個

(2) 捕抓材料：每次同款每台白色黏蟲紙 2 張 23 x 9cm

(3) 測試之燈源（波長高峰 350~390nm）：12 瓦冷極燈管燈泡 2 個

3.11 統計分析

本研究中實驗數據，以單因子變異數分析（ONE-WAY-ANOVA）進行不同光源、不同顏色捕蟲紙之捕蟲實驗結果及當紫外線測量數值 $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 時之距離分析，以 Scheffe 法 post-hoc 作事後檢定，再以獨立樣本 t 檢定進行不同光源效率及增加開放空間捕蟲結果作分析，而所有差異顯著性皆以 0.05 為顯著水準，所有的分析以 IBM SPSS 統計軟體進行。

第四章 實驗結果

4.1 光源選擇實驗結果

本研究選取不同於傳統燈源之燈源，於食品儲存場所進行捕蟲測試，不同種類光源之捕蟲數量如表 4-1 所示，說明分析如下：

- (1) LED、CCFL、BLB 燈源於相同地點捕蟲效果優於對照組。
- (2) 透過相同燈源不同捕抓燈具，於居家場所不同樣式捕蟲燈亦可捕抓相同種類昆蟲。
- (3) 使用無捕蟲效果燈源（對照組），捕抓效果明顯不佳。

表 4-1 不同光源捕抓昆蟲數量統計

種類	測試組			對照組	比對組		
	LED	CCFL	BLB	20FL	吸入式 LED	吸入式 CCFL	吸入式 BLB
蚊子	31	23	16	2	3	5	12
蠅類	3	4	4				
蛾	2	1					
其他	23	13	19	2			
合計	59	41	39	4	3	5	12

捕抓之昆蟲小於 1mm 以下或無法判別之昆蟲歸列為其他

對照組實驗地點同測試組

4.2 各燈源光譜分布及紫外線強度測量

4.2.1 各燈源光譜分布

本研究透過光譜儀進行各燈源光譜分布測量，結果如表 4-2 所示，說明分析如下：

根據結果分析測量光源能量值高峰集中在光波 350~390nm 如圖 4-1。

表 4-2 不同光源光譜儀測量結果

波長範圍 nm	6W 冷極燈泡	12W 冷極燈泡	8W BL 燈管	8W BLB 黑燈管	20W BLB 黑燈燈泡	18W LED
340-350	0.0515	0.0167	0.0217	0.1015	0.0243	0.0351
350-360	0.3731	0.122	0.1792	0.1171	0.167	0.2338
360-370	0.7778	0.4181	0.3303	0.1204	0.2973	0.8689
370-380	0.7878	0.454	0.3394	0.1237	0.3054	0.9429
380-390	0.6751	0.285	0.2481	0.088	0.2248	0.5864
390-400	0.2481	0.1345	0.0744	0.0353	0.0625	0.1237

單位： $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ (Quantum) 取區間之平均值

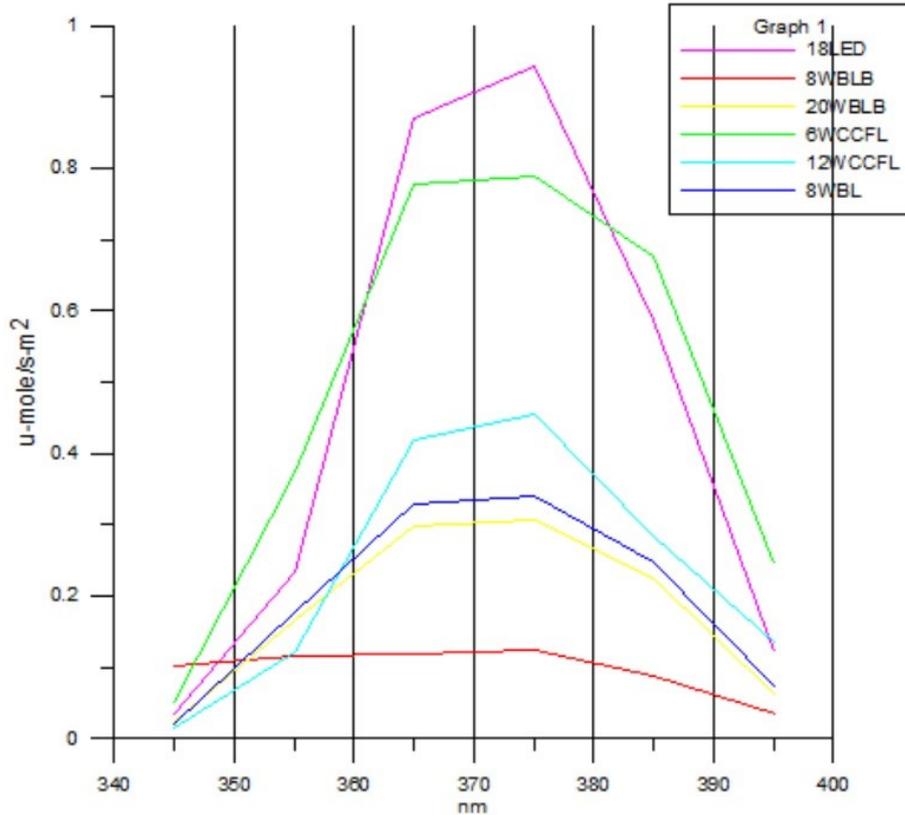


圖 4-1 各燈源光波分布

4.2.2 紫外線測量結果

本研究各燈源紫外線強度測量平均值結果如圖 4-2、圖 4-3、圖 4-4、圖 4-5 所示，根據測量結果以各燈源測量為 $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 進行不同光源相同瓦數 (6 瓦) 及高效率不同燈源分析如表 4-3、表 4-4、表 4-5、表 4-6 所示，說明分析如下：

- (1) 6 瓦同瓦數功率 BLB 與 CCFL、LED 之間有顯著性差異，CCFL 與 LED 之間並無顯著性差異。
- (2) 12 瓦 CCFL、15 瓦 BL 與 10 瓦 BL 及 18 瓦 LED 之間有顯著性

差異

(3) 10 瓦 BL 與 18 瓦 LED 之間無顯著性差異

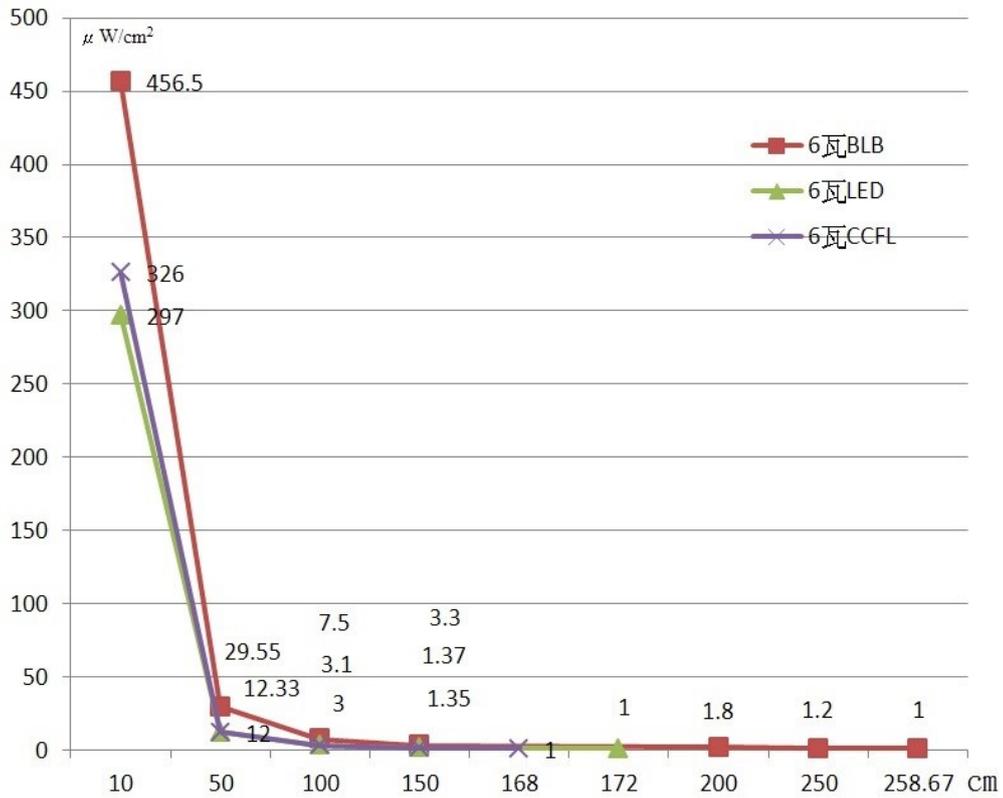


圖 4-2 低瓦數 6 瓦不同光源紫外線測量平均值(10cm~258.67cm)

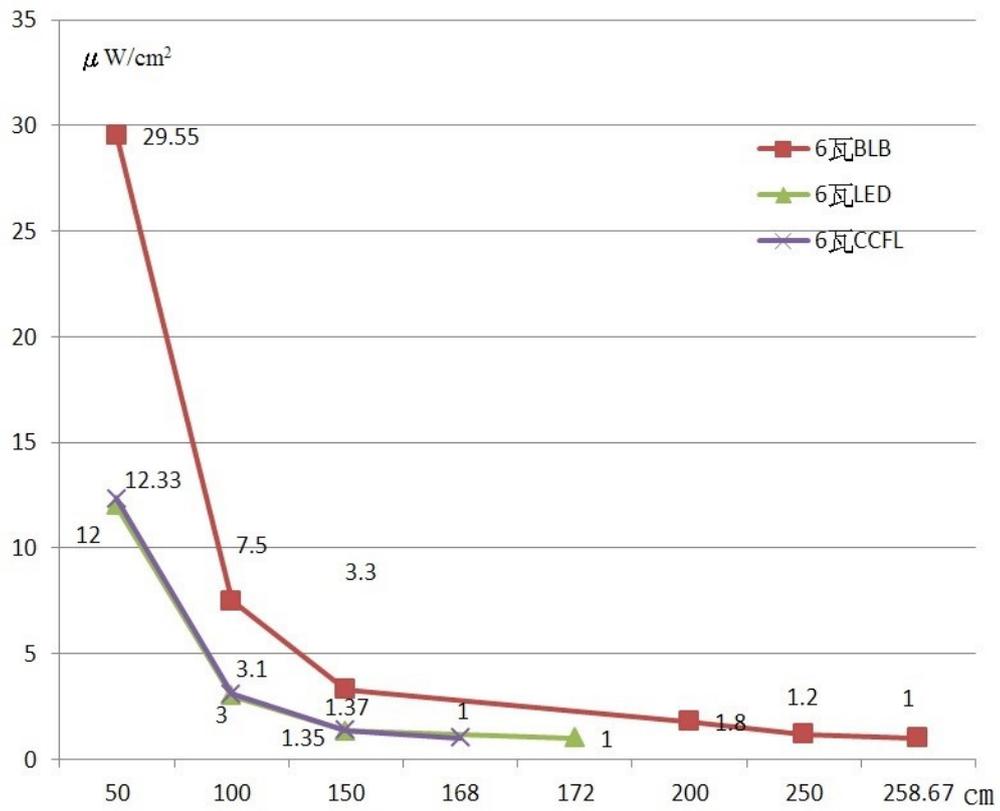


圖 4-3 6 瓦不同光源紫外線測量平均值(50~258.67cm)

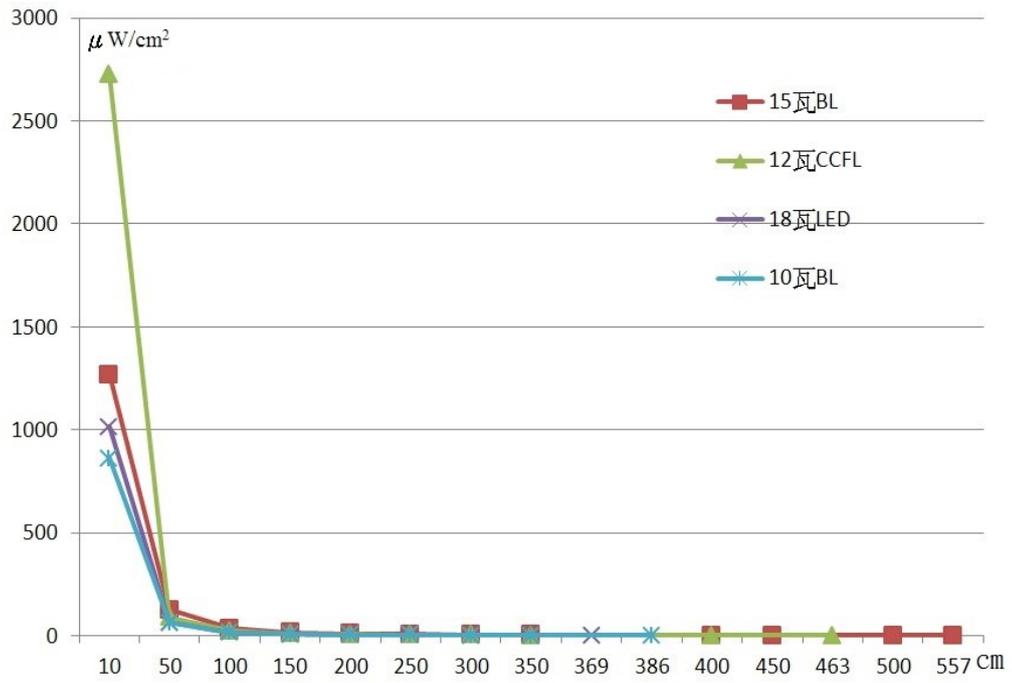


圖 4-4 高瓦數燈源紫外線測量平均值(10~557cm)

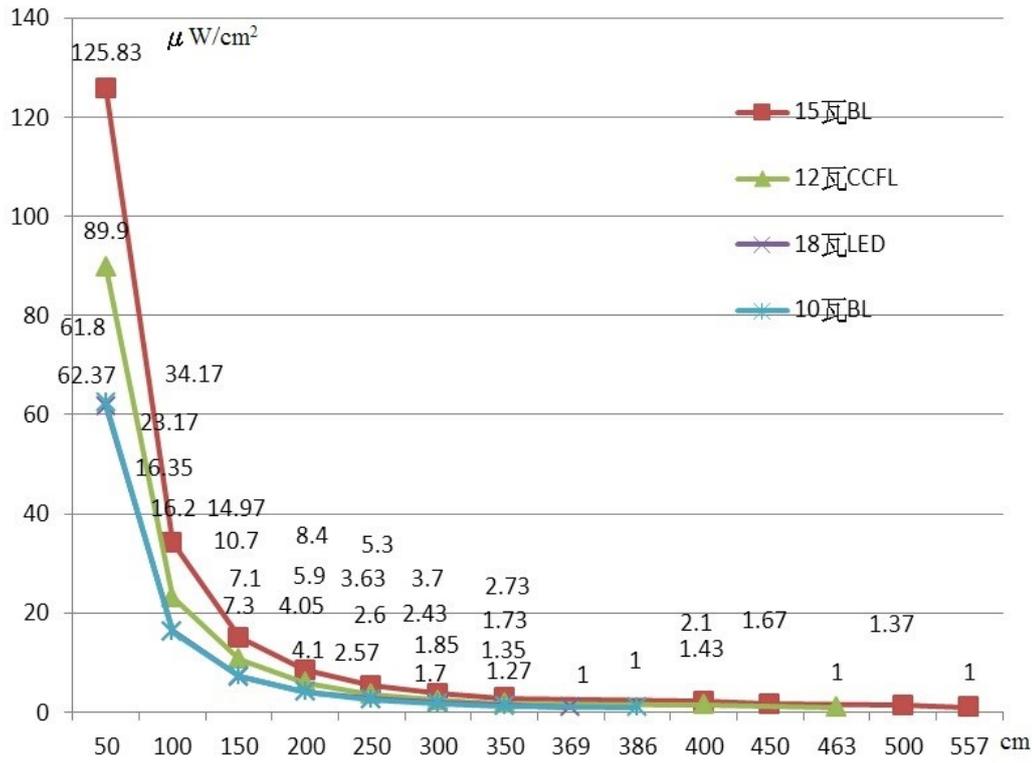


圖 4-5 高瓦數燈源紫外線測量平均值(50~550cm)

表 4-3 6 瓦各燈源紫外線測量值為 1 時之距離 cm 單因子變異

分析

Scheffe 法

(I) 燈源種類 6W(J) 燈源種類 6W (I-J)	平均差異	標準誤	顯著性	95% 信賴區間	
				下界	上界
CCFL 冷極燈泡	LED	-9.66667	8.97734	.589	-38.4593 19.1260
	BLB 黑燈管	-103.33333*	8.97734	.000	-132.1260-74.5407
LED	CCFL 冷極燈泡	9.66667	8.97734	.589	-19.1260 38.4593
	BLB 黑燈管		8.97734	.000	-122.4593-64.8740
BLB 黑燈管	CCFL 冷極燈泡	103.33333*	8.97734	.000	74.5407 132.1260
	LED		8.97734	.000	64.8740 122.4593

*. 平均差異在 0.05 水準是顯著的。

表 4-4 紫外線測量值為 1 時最遠距離 cm 同質子集

Scheffe 法^a

燈源種類 6W	個數	alpha = 0.05 的子集	
		1	2
CCFL 冷極燈泡	3	162.3333	
LED	3	172.0000	
BLB 黑燈管	3		265.6667
顯著性		.589	1.000

顯示的是同質子集中組別的平均數。

表 4-5 增大功率紫外線測量值 1 為時之距離 cm 單因子變異分析

Scheffe 法 多重比較 紫外線 4 種值 1 時距離

(I) 紫外線 (J) 紫外線		平均差異	95% 信賴區間			
4 種高瓦數	4 種高瓦數 (I-J)	標準誤	顯著性	下界	上界	
12 瓦 CCFL	15 瓦 BL	-93.66667*	15.65602	.003	-148.3475	-38.9858
	18 瓦 LED	93.66667*	15.65602	.003	38.9858	148.3475
	10 瓦 BL	77.00000*	15.65602	.008	22.3191	131.6809
15 瓦 BL	12 瓦 CCFL	93.66667*	15.65602	.003	38.9858	148.3475
	18 瓦 LED	187.33333*	15.65602	.000	132.6525	242.0142
	10 瓦 BL	170.66667*	15.65602	.000	115.9858	225.3475
18 瓦 LED	12 瓦 CCFL	-93.66667*	15.65602	.003	-148.3475	-38.9858
	15 瓦 BL	-187.33333*	15.65602	.000	-242.0142	-132.6525
	10 瓦 BL	-16.66667	15.65602	.772	-71.3475	38.0142
10 瓦 BL	12 瓦 CCFL	-77.00000*	15.65602	.008	-131.6809	-22.3191
	15 瓦 BL	-170.66667*	15.65602	.000	-225.3475	-115.9858
	18 瓦 LED	16.66667	15.65602	.772	-38.0142	71.3475

*. 平均差異在 0.05 水準是顯著的。

表 4-6 高瓦數紫外線測量值為 1 時之距離 cm 同質子集

Scheffe 法^a

紫外線 4 種高瓦數	個數	alpha = 0.05 的子集		
		1	2	3
18 瓦 LED	3	369.3333		
10 瓦 BL	3	386.0000		
12 瓦 CCFL	3		463.0000	
15 瓦 BL	3			556.6667
顯著性		.772	1.000	1.000

顯示的是同質子集中組別的平均數。

a. 使用調和平均數樣本大小 = 3.000。

4.3 燈源功率及產品運用空間比較結果

本研究從收集多種燈源相同型式、不同瓦數進行尺寸差異性比較，並參考製造商規格及實際量測各燈源尺寸大小作成紀錄如表 4-7，作成比較如圖 4-6 所示，說明分析如下：

- (1) 一般常用捕蟲燈管及 BLB 黑燈管，當增加高功率瓦特數增加的尺寸明顯增加，唯使用電子式燈管 20 瓦 3U 或螺旋燈泡時長度明顯小很多。
- (2) 冷極燈管燈泡型 CCFL 本尺寸並不大，增加瓦數及燈源效率並無

明顯很大差異。

- (3) LED 屬嵌入型可依燈具變化設置，增加瓦數及燈源效率並不會造成尺寸太大差異。
- (4) 為提高效率燈源增加燈具運用空間及捕蟲效果，BLB 燈泡型、CCFL 冷極燈管燈泡型、LED 是可應用的。

表 4-7 各燈源尺寸對照表

燈 源 種 類	尺寸(直徑 x 長)
T8 15W BL 燈管	2.5x45cm
T8 10W BL 燈管	2.5x34.5cm
T5 8W BLB 燈管	1.7x30cm
T5 14W BLB 燈管	1.7x57cm
6W FCCL 燈泡	5x10cm
12W FCCL 燈泡	6x12cm
20W BLB 燈泡	6x15cm

資料來源：實際測量結果比對各製造商規格表

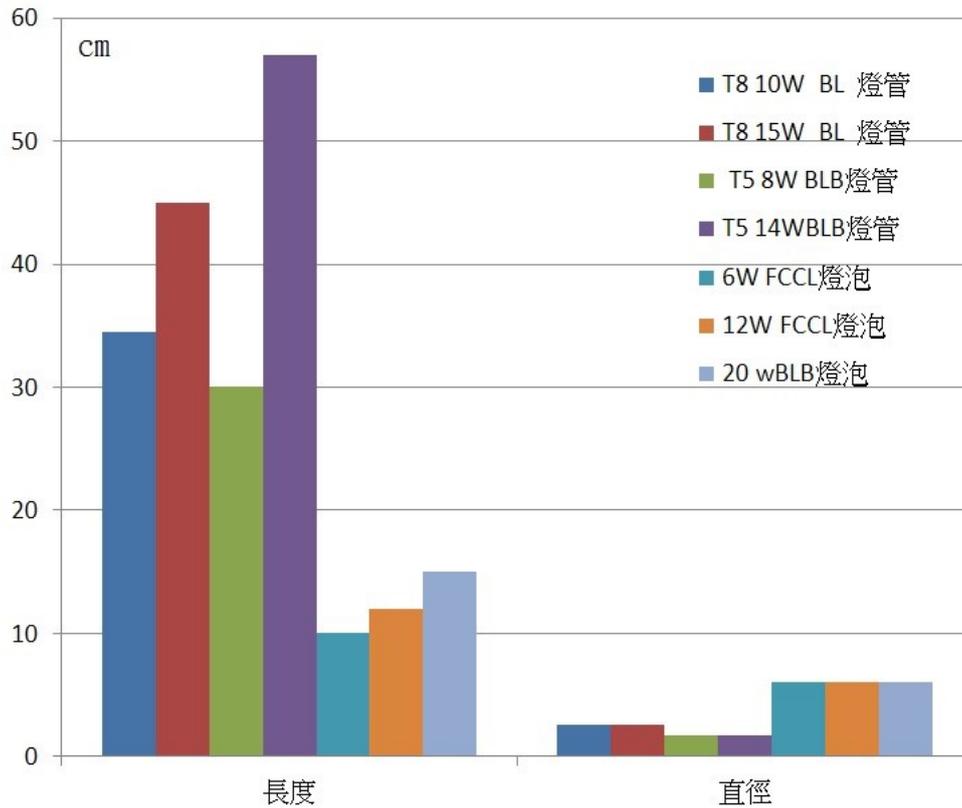


圖 4-6 各燈源尺寸對照

4.4 捕蟲燈效果測試實驗對象選擇

本研究從各不同類型食品場所捕蟲燈收集捕蟲效果統計如圖 4-7、圖 4-8、圖 4-9 所示，說明分析如下：

- (1) 收集昆蟲中以蚊子、蒼蠅及小於 1mm 以下或無法判別之其他昆蟲居多，食品工廠中圖 4-7、圖 4-8 又以蚊子最多，從收集蟲體中以受日光燈燈光吸引之搖蚊居多，因大部分工廠靠近田間屬騷擾性害蟲。
- (2) 從捕蟲燈裝設不同類型食品場所、時間點、捕蟲燈不同光源、功

率、開放方向、捕蟲黏紙顏色條件下，以數量分析蒼蠅雖非數量最多但在餐飲場所仍維持一定量之捕獲率。

- (3) 各類餐飲食品場所蒼蠅為主要危害之昆蟲，除騷擾性外又具多種疾病帶原，並易受紫外光吸引，因此以蒼蠅作為食品場所捕蟲燈設計之實驗對象，有其代表性。

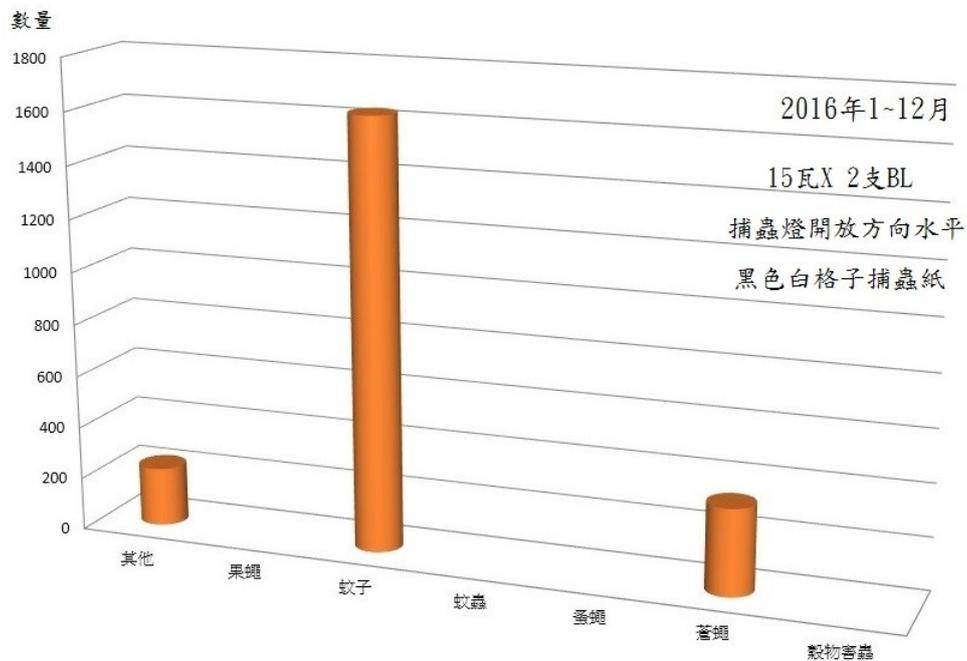


圖 4-7 一家食品工廠捕蟲燈捕抓昆蟲統計

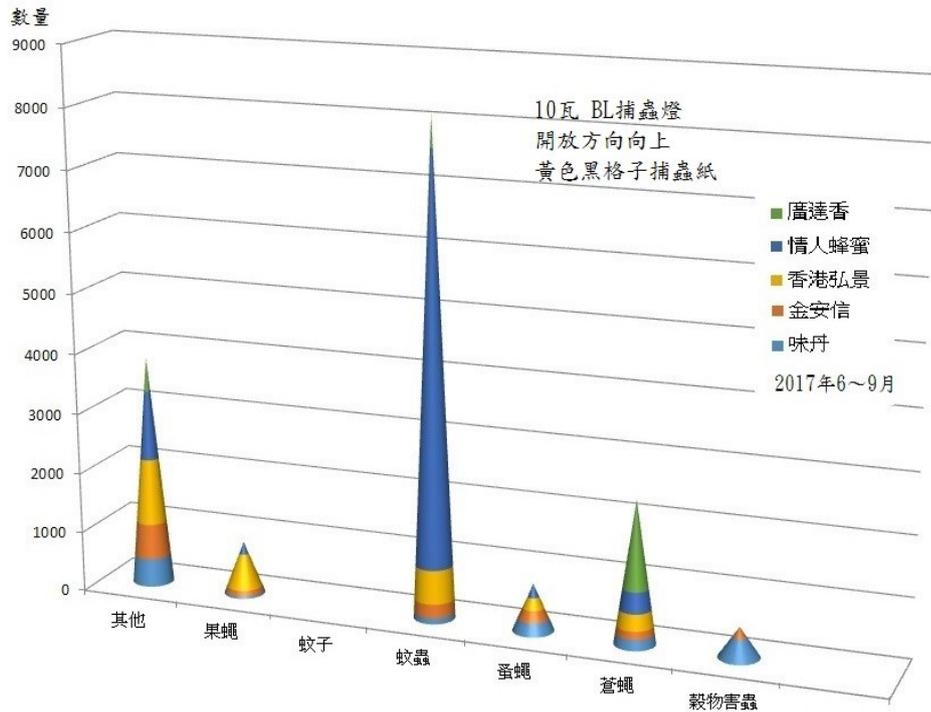


圖 4-8 5家食品廠捕蟲燈捕蟲數量統計

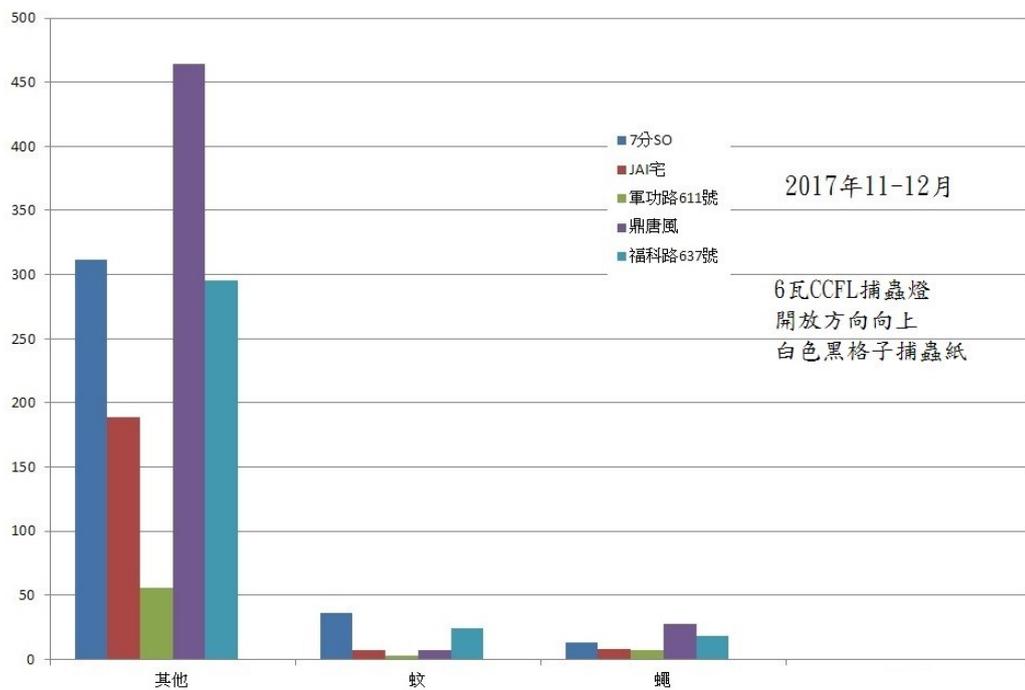


圖 4-9 5家餐飲場所捕蟲燈捕抓昆蟲統計

4.5 不同光源捕蠅效果測試

本研究選用同瓦數、同類型燈具、不同燈源進行捕蠅測試結果如

圖 4-10 所示，分析結果如表 4-8，說明分析如下：

- (1) BLB 與 CCFL 之間無顯著性差異
- (2) BLB、CCFL 與 LED 之間有顯著性差異

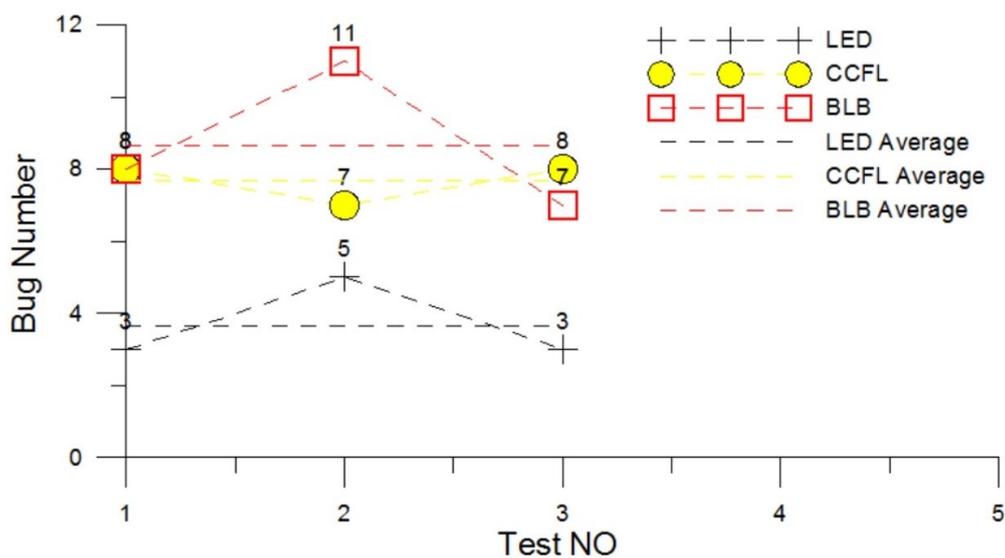


圖 4-10 不同光源捕蠅效果測試結果

表 4-8 不同燈源捕蠅效果測試單因子變異分析結果

Scheffe 法 多重比較

(I)光源種類	(J)光源種類 (I-J)	平均差異		顯著性	95% 信賴區間	
		標準誤			下界	上界
LED 光源	CCFL 光源	-4.00000*	1.15470	.037	-7.7034	-.2966
	BLB 光源	-5.00000*	1.15470	.014	-8.7034	-1.2966
CCFL 光源	LED 光源	4.00000*	1.15470	.037	.2966	7.7034
	BLB 光源	-1.00000	1.15470	.702	-4.7034	2.7034
BLB 光源	LED 光源	5.00000*	1.15470	.014	1.2966	8.7034
	CCFL 光源	1.00000	1.15470	.702	-2.7034	4.7034

*. 平均差異在 0.05 水準是顯著的。

表 4-9 不同燈源捕蠅效果同質子集

Scheffe 法^a

光源種類	個數	alpha = 0.05 的子集	
		1	2
LED光源	3	3.6667	
CCFL光源	3		7.6667
BLB光源	3		8.6667
顯著性		1.000	.702

顯示的是同質子集中組別的平均數。

a. 使用調和平均數樣本大小 = 3.000。

4.6 提高光源功率增加捕蟲效果測試

本研究使用 CCFL 燈泡型 2 種不同功率、同一類型燈具進行捕蠅測試結果如圖 4-11 所示，分析結果如表 4-10 所示，說明分析如下：

(1) 12 瓦捕抓效果與 6 瓦有顯著性差異

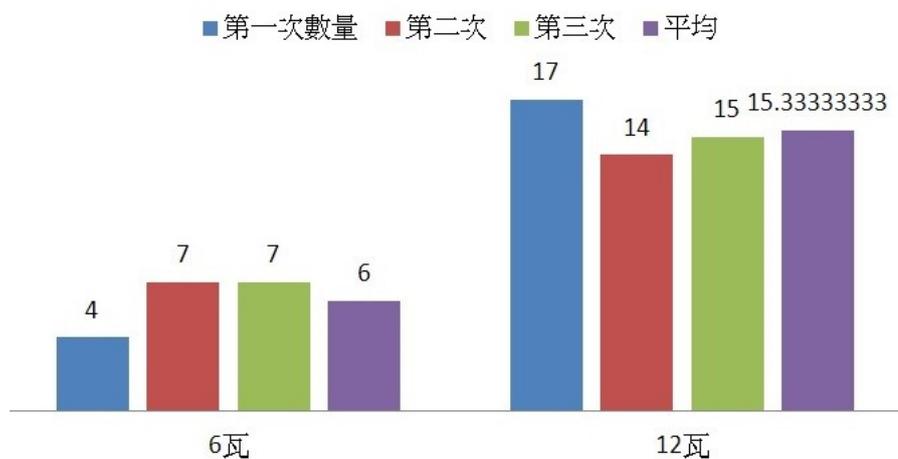


圖 4-11 不同光源功率捕蠅效果測試結果

表 4-10 兩種不同功率捕蠅效果結果分析

		變異數相等的		平均數相等的 t 檢定		
		Levene 檢定		顯著性		
		F 檢定	顯著性	t	自由度	(雙尾)
不同功率	假設變異數相等	.182	.692	-7.000	4	.002
	不假設變異數相等			-7.000	3.938	.002

		平均數相等的 t 檢定			
		差異的 95% 信賴區間			
		平均差異	標準誤差異	下界	上界
不同功率	假設變異數相等	-9.33333	1.33333	-13.03526	-5.63141
	不假設變異數相等	-9.33333	1.33333	-13.05818	-5.60848

4.7 不同顏色捕蟲紙捕蠅效果測試

本研究選用相同瓦數、燈具及燈源進行常用不同顏色捕蟲紙捕蠅測試結果如圖 4-12 所示，分析結果如表 4-11 所示，說明分析如下：

- (1) 黃色黑格子、白色黑格子、黑色白格子捕抓率之間並無顯著性差異，但黑色效果較差。

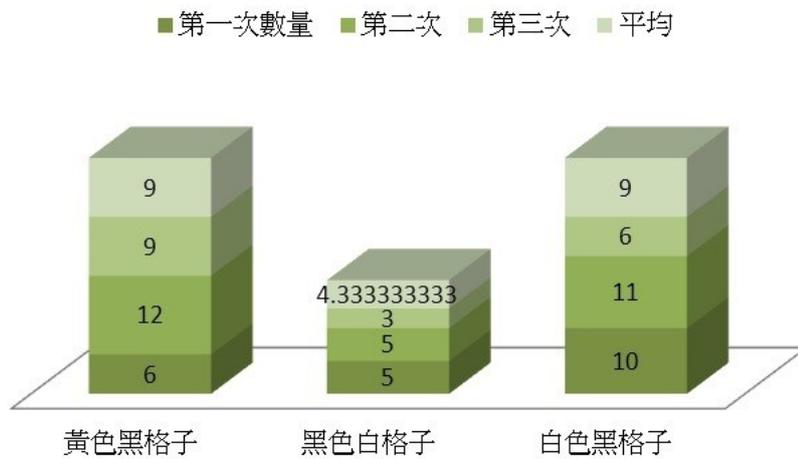


圖 4-12 不同顏色捕蟲紙捕蠅效果測試結果

表 4-11 不同顏色捕蟲紙捕蠅效果分析

不同捕蟲紙		Scheffe 法			
(I) 捕蟲紙顏色	(J) 捕蟲紙顏色	平均差異 (I-J)	標準誤	顯著性	95% 信賴區間
					下界 上界
黃色黑格子	黑色白格子	4.66667	1.96261	.136	-1.6279 10.9613
	白色黑格子	.00000	1.96261	1.000	-6.2946 6.2946
黑色白格子	黃色黑格子	-4.66667	1.96261	.136	-10.9613 1.6279
	白色黑格子	-4.66667	1.96261	.136	-10.9613 1.6279
白色黑格子	黃色黑格子	.00000	1.96261	1.000	-6.2946 6.2946
	黑色白格子	4.66667	1.96261	.136	-1.6279 10.9613

4.8 增加開放空間效果測試

本研究選用相同光源、瓦數、類型燈具進行捕蟲燈光罩開口朝向下及側邊作捕蠅測試，結果如圖 4-13 所示，分析結果如表 4-12 所示，說明分析如下：

- (1) 燈源開口方向，從側邊及向下雖捕抓率不高，捕抓率並無顯著性差異。

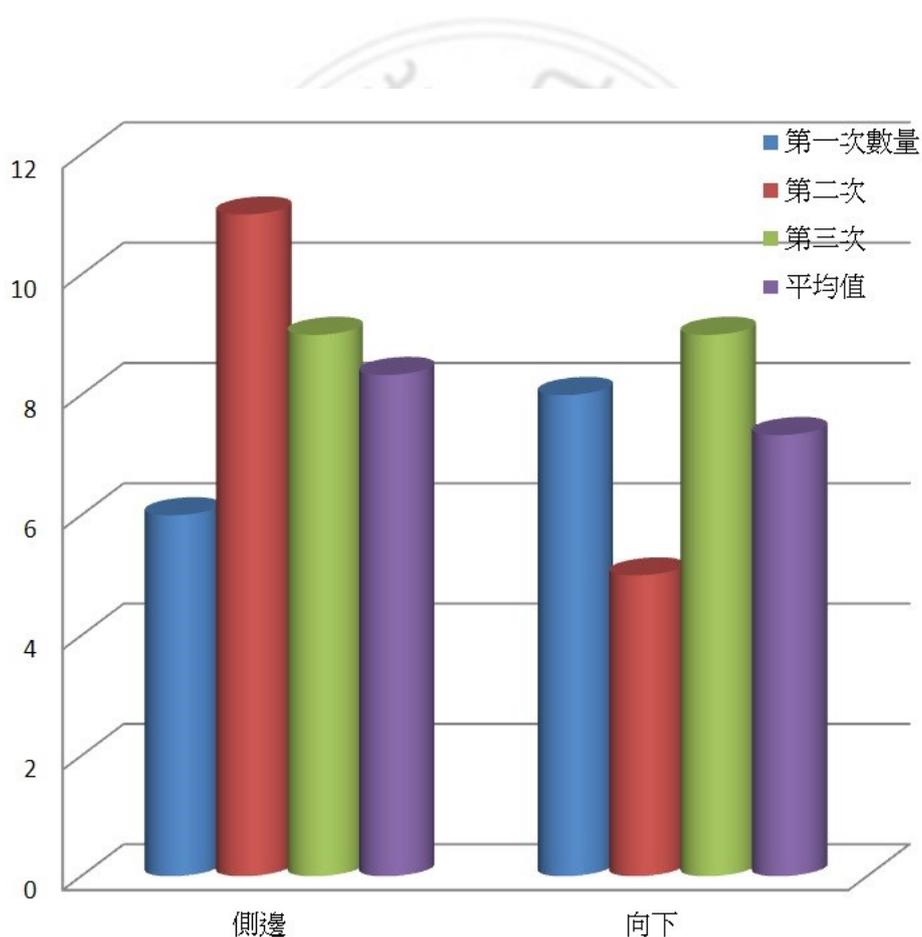


圖 4-13 兩種不同燈源開口方向捕蠅測試結果

表 4-12 兩種不同燈源開口方向捕蠅效果分析

		變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定		
		F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)
開放空間	假設變異數相等	.065	.812	.707	4	.519
	不假設變異數相等			.707	3.864	.520

		平均數相等的 t 檢定			
		差異的 95% 信賴區間			
		平均差異	標準誤差異	下界	上界
開放空間	假設變異數相等	1.33333	1.88562	-3.90198	6.56865
	不假設變異數相等	1.33333	1.88562	-3.97537	6.64204

第五章 討論

5.1 捕蟲燈燈源選用

5.1.1 燈源節能環保比較

本研究採用之燈源以波長高峰在 340~390nm 之 T5 黑燈管 (BLB)、發光二極體 (LED)、冷極燈管燈泡型 (CCFL) 等為實驗對象，3 種燈源為近年常用於日常照明燈源，而餐飲場所使用捕蟲燈燈源仍以傳統 T8BL 捕蟲燈管為主。T8BL 燈管具有耗電、使用壽命低、不環保等缺點，針對節能環保使用 LED、CCFL 燈源較佳，發光效率以 CCFL、T5 BLB 較佳 (工業技術研究院, 2009)，如表 2-1 與表 2-2。

5.1.2 捕蟲效果

以波長高峰在 340~390nm 之 T5BLB、LED、CCFL 三種進行一般食品儲存場所及居家場所作捕蟲測試各燈源皆可有效及捕抓到各類昆蟲(表 4-1)，代表本研究選用之燈源具極佳捕蟲效果。

5.1.3 燈源光波高峰能量分佈

不同昆蟲受不同波長光線顏色吸引，本研究利用光譜儀測量各實驗光源光波能量高峰分佈，光譜測量結果顯示所有光源能量值高峰集

中在 350~390nm 之間(圖 4-1)。

5.2 實驗昆蟲

蒼蠅是各食品場所常見害蟲(王, 1993), 實際上各食品場所捕蟲燈收集昆蟲統計資料(圖 4-7、圖 4-8、圖 4-9), 從捕蟲燈裝設不同類型食品場所、捕蟲月份季節、捕蟲燈不同光源、功率、開放方向、捕蟲黏紙顏色等都可捕獲一定數量蒼蠅, 可見蒼蠅是食品場所常見害蟲。如文獻中所述, 蒼蠅攜帶的細菌有 100 多種, 原蟲約 30 種, 病毒 20 種(唐等, 2008), 發展中國家的嬰幼兒急性胃腸炎和沙眼擴散的主要流行病學因素(Graczyk 等, 2001)。蒼蠅也是食品生產場所食物中毒生物的傳染媒介成蟲(Ostrolenk and Welch, 1942)。蒼蠅為覓食會入侵食品場所、餐廳、小吃、觀光景點、市場、住家、醫院及學校等造成嚴重騷擾性的危害(黃, 2012)。蒼蠅受紫外線目標的亮度和大小吸引(Pickens and Thimijan, 1986), 因此以蒼蠅作為食品場所捕蟲燈設計之實驗對象, 有其代表性。

5.3 高效率燈源增加燈具運用空間比較

從各燈源大小功率尺寸比較(圖 4-6), 傳統燈源 T8BL 燈管及 T5BLB 燈管增加燈源效率時燈管尺寸明顯增長很多, 以考慮節能環保下 LED、CCFL 在提高燈源效率時變化尺寸並不大, 但 LED 提高

效率時需增加 LED 燈量及散熱片，散熱不足的 LED 可能具有高流明折舊，因此壽命更短，不利燈源設計應用 (Nardelli et al., 2017)，此為利用增加燈源效率增加運用空間須考慮之因素。

5.4 各燈源紫外線測量結果及比較

蒼蠅受紫外線燈源的亮度和大小吸引(Pickens and Thimijan, 1986)將不同燈源種類測量不同距離紫外線測量數據(圖 4-2、圖 4-3、圖 4-4、圖 4-5)，各燈源間有大小不同差異，因距離增加而測量數據減低，當以測量值為 $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 可測得各不同種類燈源、不同功率之間差別之距離，假設當紫外線值 $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 是吸引昆蟲最低值，利用單因子變異分析，對同低功率 6 瓦進行多重比較，傳統 6 瓦 BLB 與 CCFL 及 LED 之間有顯著性差異(表 4-3 與表 4-4)，CCFL 與 LED 之間有並無顯著性差異。

再利用單因子變異分析對高瓦數不同消耗功率進行多重比較分析(表 4-5 與表 4-6)，18 瓦 LED 與 10 瓦 BL 兩者之間無顯著差異，18 瓦 LED 與 10 瓦 BL 兩者與 12 瓦 CCFL 及 15 瓦 BL 之間有顯著性差異，12 瓦 CCFL 及 15 瓦 BL 兩種也有顯著性差異，差異值 18 瓦 LED、10 瓦 BL < 12 瓦 CCFL < 15 瓦 BL。

以 10 瓦 BL 及 15 瓦 BL 基準作 12 瓦 BL 各距離預估值，在與 12

瓦 CCFL 做比對(圖 5-1),12 瓦 BL 預估值與 12 瓦 CCFL 之間並無顯著差異(圖 5-2),進一步分析當以 CCFL 及傳統燈源 BL 提高光源功率量測得到紫外線值可明顯提高,12 瓦 CCFL 與傳統 12 瓦 BL 預估值之間無顯著差異。

LED 紫外線測量數值,提高光源功率卻無顯著性提高,分析原因 LED 提高光效率是以增加 LED 陣列及一種選擇是由幾個功率較低的 LED 燈組成的燈具,排列成一定的陣列,發出高光通量(Barbosa, 2016),LED 提高功率是以利用增加陣列數量,並非單獨提升單一顆 LED 功率,紫外線發射距離自然無顯著變化。12 瓦 CCFL 燈泡型提高光源功率卻可增加紫外線有效穿透距離,並與傳統 BL 燈管無明顯差異,可作為在提高燈源效率時替代傳統捕蟲燈燈源之選擇。

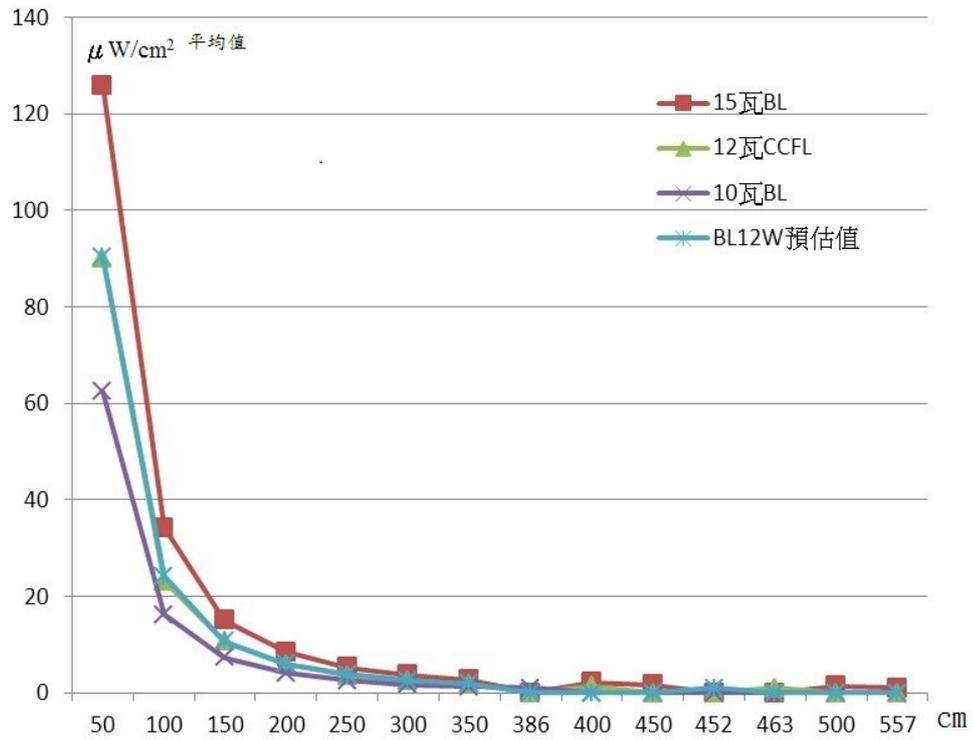


圖 5-1 傳統 BL 燈管及 12 瓦 BL 預估值與 CCFL 紫外線測量值

比較曲線

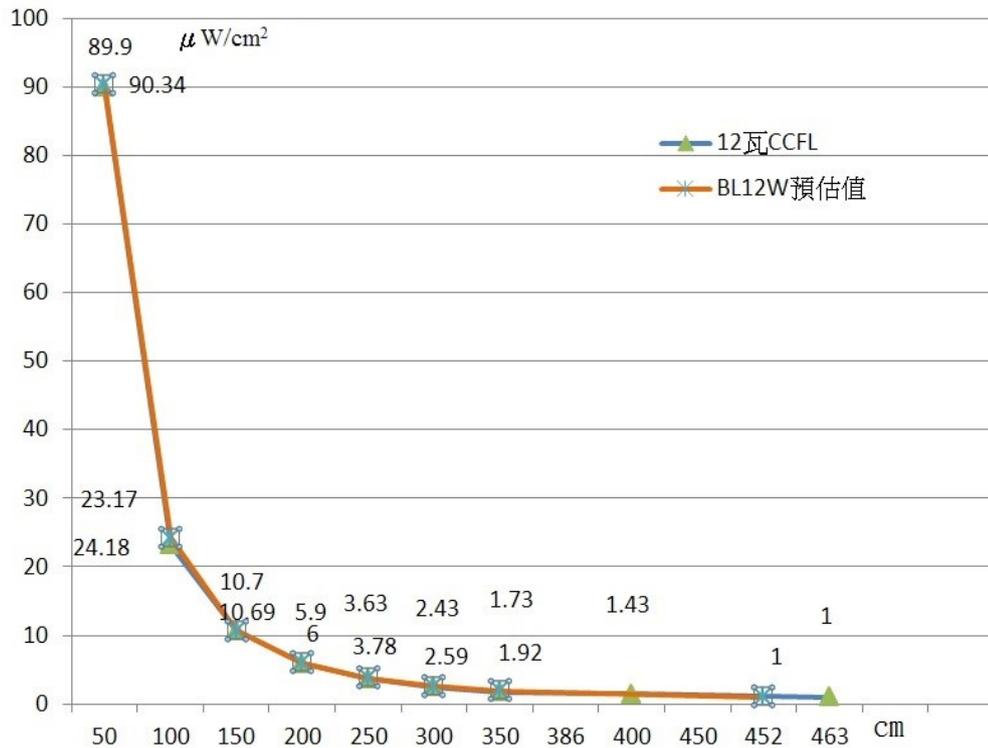


圖 5-2 12 瓦 CCFL 與 12 瓦 BL 預估值各距離紫外線測量值比較

5.5 不同光源捕蠅效果測試

以波長高峰在 340~390nm 之 T5 黑燈管 BLB、發光二極體 LED、冷極燈管燈泡型 CCFL，以蒼蠅實驗對象，捕抓效果如圖 4-10。其中 CCFL、BLB 兩種捕抓效果並無顯著性差異，兩者對 LED 捕抓效果有顯著差異(表 4-8)，LED 效果較差。蒼蠅受紫外線的亮度和大小吸引 (Pickens and Thimijan, 1986)，從測量紫外線結果分析 LED 紫外線測量值與 CCFL 無顯著性差異(表 4-3)，捕蟲效果卻有顯著性差異，探討 LED 較差原因，可能因 LED 受限於基板發光有一定角度(郭，2016；張，2008)，加以實驗用捕蟲燈具開放方向為向上，開放空間

受限制，相對影響 LED 吸引蒼蠅之範圍影響捕蟲效果，未來發展 LED 為燈源時需考慮此因素，如以考慮捕蟲效果、節能環保、尺寸變化下，以 CCFL 較佳。

5.6 大小功率燈源捕蠅效果及效率

5.6.1 捕蠅效果

使用 6 瓦及 12 瓦 CCFL 燈源作捕蠅測試，經統計分析發現 12 瓦與 6 瓦捕抓效果有顯著差異(圖 4-11)(表 4-10)，在使用 CCFL 燈源提高功率作為增加捕蟲效果可有效增加捕蟲效果。

5.6.2 紫外線測量

比對 CCFL 紫外線測量離燈源 50 公分處測量紫外線強度，及當紫外線強度為 $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 時之距離，結果如圖 4-3 與圖 4-5，可見提高一倍功率紫外線強度測量距離 50 公分處相差 7.49 倍，紫外線量測值為 1 時相對距離為 2.75 倍。

利用 6 瓦 LED 及 18 瓦 LED 紫外線離燈源 50 公分處測量紫外線強度，及當紫外線強度為 $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 時之距離測量結果如圖 4-3 與圖 4-5，發現提高 3 倍功率，紫外線強度測量距離 50 公分處相差 5.01 倍，紫外線量測值為 1 時相對距離僅 2.14 倍，因此 LED 提高功率並

無法有效增加紫外線穿透距離，使用 CCFL 提高功率增加紫外線強度明顯較 LED 好。

5.7 常用捕蟲燈黏紙顏色捕蟲效果比較

使用市面常用裝於捕蟲燈上黏紙作捕蠅效果測試，分別是白色黑格線黏蟲紙、黃色黑格線黏蟲紙、黑色白格線黏蟲紙作捕蟲測試，三種測試對象捕蟲效果均無顯著差異(圖 4-12)(表 4-11)，平均差異黑色白格子較差。

捕蟲紙裝設於燈源下後方，昆蟲受捕蟲燈源吸引進入，捕蟲燈源吸引條件大於捕蟲紙顏色，無法有效影響捕蟲效果。單獨使用捕蟲紙吸引效果可能因黏板顏色、黏膠材質味道、誘引劑、黏板顏色及反射亮度等因素影響捕蟲效果，使用捕蟲燈以捕蟲紙顏色及在捕蟲紙添加吸引蒼蠅其他方法並無法有效增加捕蟲效果(Hogsette, 2008)，加以三種顏色捕蟲紙製造廠商不同，使用之材質條件不同，可能影響捕蟲條件，建議可以從捕蟲紙成本考量作為使用之參考。

5.8 增加開放空間效果測試及比對

目前常用於餐飲場所大部分捕蟲器開口和光源皆開口向上，捕蟲燈水平射出的燈光比朝下的燈光可以多抓 1.4 倍的蒼蠅，比朝上的燈光可多抓 3 倍的蒼蠅(Pickens and Thimijan, 1986)，朝下捕蟲效果比朝

上捕蟲效果佳，傳統燈管燈具側邊為載具，並未對朝向側邊作比較測試，以開口朝下及側邊作捕蟲效果比較，朝下及側邊捕蟲效果並無顯著差異(圖 4-13)(表 4-12)。捕蟲燈的紫外線安全性評估研究(David et al., 2016) 潛在危害極低，但適用於商業燈具產品，仍具潛在風險，其評估距離小於 50 W 的產品保持 150 cm 以上距離，對於功率輸入為 50-120W 的保持 300cm 以上之距離。從前方水平方向增加開放空間增加捕蟲效果仍具有潛在風險，綜合上列因素，以捕蟲燈裝設於牆面上，除了朝上外，考量捕蟲效果及潛在風險，增加從側邊開放空間是可行。

5.9 捕蟲燈裝設高度及位置

5.9.1 高度

蒼蠅飛行高度隨生長日齡、溫度高低、受紫外線吸引而不同，裝設高度以 0.6 公尺及 2 公尺較佳 (Pickens et al., 1969)。

另特定物種的蒼蠅，平均飛行高度約在地面以上 4 英尺 (1.2 米) 處。而實際上蒼蠅很容易被位於 6 英尺 (1.9 米) 的單位的紫外線吸引 (PestWest Electronics Limited, 2002)。

餐飲場所捕蟲燈裝設高度太低，容易影響顧客觀瞻及頭部碰觸危險，依衛生福利部統計，2005-2008 年國人各地平均身高為最高 169.4

公分(附錄 A)。若捕蟲燈裝設太低，容易增加碰撞機會，造成安全上問題。

綜上所述，考慮蒼蠅習性、捕蟲燈裝設美觀及安全性，捕蟲燈裝設高度以 1.9 公尺及 2 公尺較適合。

5.9.2 位置

捕蟲燈裝設位置除了高度、地點、位置也影響捕蟲燈效果，建議裝設位置為 (PestWest Electronics Limited, 2002)：

- (1) 在易於維修觀察的地方，更換捕蟲黏板及維修容易。
- (2) 在可能蒼蠅進入餐飲場所之前位置，減少昆蟲進入餐飲場所。
- (3) 常打開之門窗戶附近，捕抓入侵之昆蟲。

建議遠離之位置為：

- (1) 在空調吹風機出口附近。
- (2) 面對一扇打開之門窗戶，吸引更多昆蟲進入。
- (3) 在日常照明燈下，影響紫外線吸引昆蟲。
- (4) 在食物展示中，應該將飛翔的昆蟲從食物吸引走而不是朝向它。

第六章 結論與建議

6.1 結論

本研究透過常用冷極燈管燈泡型 CCFL、發光二極體 LED 與傳統黑燈管 BLB、傳統捕蟲燈管 BL 作分析比較，作成以下結論：

- (1) 在改變燈源選用增加捕蟲燈使用壽命及節能條件下，以 CCFL 捕蠅效果較佳。冷極燈管比傳統 T8 燈管省電 70 % 比 T5 省電 48 %，使用壽命超過 50000 小時，以冷極燈管燈泡型 CCFL 與傳統 BLB 及 LED 作捕蠅效果測試分析，CCFL、BLB 並無顯著性差異，LED 捕蠅效果較差。
- (2) 將 CCFL 光源功率從 6 瓦提高至 12 瓦，作提高捕蟲效果測試分析時，捕蠅效果有顯著差異。比較紫外線發光效率測量時 CCFL 吸引昆蟲紫外線提高到 12 瓦時各距離測量值明顯增加 7.49~2.5 倍，如與 12 瓦 T8BL 預估值比較相同距離各點並無明顯差異，顯示冷極燈泡型 CCFL 紫外線發光效率可取代傳統 BL 燈管，捕蠅效果也可有效提升。對照 LED 紫外線測量值時提高功率紫外線強度及穿透距離提升卻不如 CCFL。
- (3) 燈具外觀及開口方位部分，以開口朝下及側邊之捕蟲效果比較並

無顯著差異，在風險考量及安全性評估下，適度增加開放朝下及側邊開放空間是可行的。

- (4) 比較燈源尺寸大小時，冷極燈管燈泡型 CCFL 並不因功率增加而明顯加大，與傳統 BL 燈管使用之燈具比較，可節省很大空間。

綜上所述，結合節能環保、捕蟲效率、運用空間加以利用科技數位輸出，以冷極燈管燈泡型 CCFL 運用在食品場所之捕蟲燈是可取代傳統燈具燈源。

6.2 建議

由於常用不同顏色黏蟲紙之捕蠅效果並無明顯差異，建議可以從捕蟲紙成本考量作為使用之參考，而利用捕蟲紙材質及添加其他物質增加捕蟲效果亦可再作進一步研究。

LED 燈源在本研究中，各項研究數據中並無較 CCFL 有明顯提升效果，但其功率小，且運用於居家捕蟲燈之技術日益成熟，因此如何將 LED 有效應用於食品場所及商業用途，是未來發展方向之一，且 LED 技術正在不斷發展，與其他光源相較具有改進潛力，可作為未來燈源的選擇之一。

參考文獻

- 工業技術研究院, (2009), CCFL 液晶燈 LCD Lighting 照明技術新知, <http://zhaoxu.pic6.eznetonline.com/upload/p2gn.pdf>.
- 王正雄, (1993), 環境有害生物文粹選輯, 台北：中華民國環境衛生協會出版, P534.
- 王正雄, (1984), 家蠅的習性, 公共衛生 11(3), P376-379.
- 王正雄、翁嵩琳, (2017), 食品作業場所病媒防治參考手冊, 台中市：中華食品安全管制系統發展協會出版, P26-65.
- 王正雄、侯豐男、唐立正、李學進, (1984), 垃圾堆積場蒼蠅生態之調查研究及防治方法芻議, 台灣環境保護 3, P44-71.
- 李汪盛、施錫彬, (2012), 新型 LED 誘蟲器研發, 桃園區農業改良場研究彙報 72, P66-76.
- 李學進、王俊雄, (2000), 居家害蟲生態與防治技術, 台中市：國立中興大學農業推廣中心出版, P109-126.
- 何聖輝、藍崇翰, (2009), 職場環境中紫外線暴露評估之探討, 工業安全科技 68, P47-54.
- 吳國強, (2001), 不同顏色對家蠅引誘效果的實驗觀察, 中國媒介生物學及控制雜誌 12(1), P75.

- 姚美吉, (2010), 物理資材-燈光誘捕-倉庫害蟲燈光誘捕, 作物蟲害非農藥防治資材, 台中: 農業試驗所出版, P115-118.
- 姚美吉、李啟陽、楊恩誠、路光暉, (2009), 利用燈光誘捕器調查各類穀倉之積穀害蟲種類與族群變化, 台灣昆蟲 29(4), P225-237.
- 唐立正、曾慶慈、焦汝安, (2008), 蒼蠅汙染食物及傳播疾病之頭號大敵, 教育部防治入侵火蟻輔導團電子報 8, P1-5.
- 陳海曙、蘇煜瑄, (2011), 綠建築照明低碳節能燈具應用性能之評估, 台灣照明學會照明學刊 28(2), P13-23.
- 郭泓霖, (2016), 高發光角度 LED 透鏡之射出成形研究, 國立高雄應用科技大學機械與精密工程研究所, 高雄 台灣.
- 張良瑋, (2008), LED 透鏡最佳化設計研究, 國立高雄應用科技大學機械與精密工程研究所, 高雄 台灣.
- 黃威銘、羅怡珮, (2012), 家蠅誘殺技術與養雞場家蠅防治評估, 台灣昆蟲 32(3), P271-287.
- 曾經洲、彭武康、高穗生, (2006), 黑光燈誘集稻穀倉庫害蟲發生效果調查, 植保會刊 48, P297-309.
- 楊恩誠、洪于善, (2001), 色誘昆蟲的理論基礎及其應用, 跨世紀臺灣昆蟲學研究之進展研討會專輯, P69-77.
- 楊智詠、林俊良, (2013), 具全發光角之發光二極體封裝技術, 綠色科

技工程與應用研討會, P66-68.

經濟部能源局、財團法人綠色生產力基金會, (2008), 照明系統 Q&A
節能技術手冊, P80-83.

Barbosa, J. L. F., Calixto, W. P., & Simon, D, (2016), High power LED luminaire design optimization. 2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC). p. 1-6.

Bellingham, J., (1994), A Comparative Study of the Spectral Sensitivity, Antennal Sensilla and Landing Preferences of the House-fly, *Musca Domestica* (L.) (Diptera: Muscidae) and the Lesser House-fly, *Fannia Canicularis* (L.) (Diptera: Fanniidae) (Doctoral dissertation, University of Birmingham).

David H. Slineya, David W. Gilbert IIb, & Terry Lyonc, (2016), Ultraviolet safety assessments of insect light traps. *Journal of Occupation and Environmental Hygiene*, 13(6), 413-424

Gilbert, C. (2007). Visual neuroscience, hypercomplex cells in the arthropod visual system. *Current Biology*, 17(11), R412-R414.

Graczyk, T. K., Knight, R., Gilman, R. H., & Cranfield, M. R., (2001), The role of non-biting flies in the epidemiology of human infectious diseases. *Microbes and Infection*, 3 (3) , 231-235.

Hogsette, J., (2008), Ultraviolet light traps: design affects attraction and capture, Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. 1030.

Lillie, T. H. & Goddard, J., (1987), Operational testing of electrocutor traps for fly control in dining facilities, *Journal of Economic*

Entomology, 80(4), 826-829.

Nardelli, A., Deuschle, E., de Azevedo, L. D., Pessoa, J. L. N., & Ghisi, E., (2017), Assessment of Light Emitting Diodes technology for general lighting: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75 , 368-379.

Nelson, T. D. & Anderson, D. G., (1994), U.S. Patent No. 5,365,690. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Ostrolenk, M. & Welch, H., (1942), The House Fly as a Vector of Food Poisoning Organisms in Food Producing Establishments, *American Journal of Public Health*, 32, P487-494.

Pickens, L. G., Morgan, N. O., & Thimijan, R. W. (1969). House fly response to fluorescent lamps: influenced by fly age and nutrition, air temperature, and position of lamps. *Journal of Economic Entomology*, 62(3), 536-539.

Pickens, L. G., & Thimijan, R. W., (1986), Design parameters that affect the performance of UV-emitting traps in attracting house flies (Diptera: Muscidae), *Journal of Economic Entomology*, 79(4), 1003-1009.

PestWest Electronics Limited, (2002), The Science of Flying Insect Control, <http://new.pestwestordering.com/shopimages/363222731461dab86186ca.pdf>.

Urban, J. E., & Broce, A. (2000). Killing of flies in electrocuting insect traps releases bacteria and viruses. *Current Microbiology*, 41(4), 267-270.

附錄 A

台灣 2005-2008 年國民營養健康狀況變遷調查-按性別及地區層

別

2005-2008 年國民營養健康狀況變遷調查--按性別及地區層別								
性別	地區層	樣本數	身高		體重		BMI	
		(人)	(公分)		(公斤)		(公斤/公尺 ²)	
			平均值	標準 誤	平均 值	標準 誤	平均 值	標準誤
男性	北一層	169	169.4	0.7	68.6	0.7	23.9	0.2
	北二層	175	168.8	0.9	69.8	1.1	24.5	0.5
	中部層	163	167.9	0.5	68.0	1.2	24.1	0.3
	南部層	162	168.8	0.9	70.0	1.2	24.5	0.3
	東部層	142	167.5	0.5	68.6	0.9	24.4	0.3
	客家層	171	168.6	0.9	69.8	1.4	24.5	0.4
	山地層	153	164.0	0.6	72.3	2.8	26.8	1.0
	澎湖層	176	168.9	0.7	69.8	1.0	24.5	0.3
女性	北一層	162	155.8	0.3	55.2	1.0	22.8	0.4
	北二層	175	155.8	0.6	55.7	0.5	23.0	0.3
	中部層	195	157.4	0.6	57.8	0.7	23.3	0.3
	南部層	180	155.6	0.2	57.3	0.9	23.7	0.3
	東部層	150	157.0	0.3	58.2	0.8	23.6	0.3
	客家層	169	155.7	0.6	57.7	0.9	23.9	0.4
	山地層	158	153.1	0.5	64.8	1.9	27.6	0.9

	澎湖層	166	156.6	0.7	58.0	1.0	23.7	0.5
註：1.樣本係台灣各地區 19 歲以上成年人。								
2.資料調查期間為民國 94 年至 97 年。								

資料來源:衛生福利部統計處

