

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030321

Mr.” 嘎抓” ~探討三種蟑螂各種生態習性及環保防治方法研究之可行性

學校名稱：屏東縣立中正國民中學

作者： 國二 陳韻芊 國二 莊孟勳 國二 林家宇	指導老師： 李天生 簡秉逸
---	-----------------------------

關鍵詞：蟑螂、生態習性、環保防治

摘要

本研究旨在探討美洲蟑螂、櫻桃紅蟑及杜比亞蟑螂的嗅視覺及環保防治方法。研究結果顯示，三種蟑螂皆有負趨光性，對紅光的趨向行為較強。美洲和杜比亞蟑螂對甜味、鹹味有正趨向行為，櫻桃紅蟑對各種味道有明顯負趨向行為；美洲蟑螂對多醣類有明顯正趨向行為，杜比亞蟑螂對雙醣類較不明顯正趨向行為，櫻桃紅蟑對各類養分氣味無明顯正趨向行為。

環保防治方面，橘子外果皮製成毒餌致死率達 66.7%，致死天數最短。新鮮香茅忌避性最佳，九層塔持續性強，乾燥後香草忌避性普遍降低。木醋液、椰子油起泡劑、苦楝油、菸草粉所製噴劑致死效果較佳。澳洲茶樹枝粉末煙燻致死效果最佳。

廢棄物處理部份，杜比亞蟑螂隱會取食不織布、泡棉和 PE 塑膠袋等廢棄物而存活。

壹、研究動機

蟑螂是環境中最常見的一種害蟲，大部份的蟑螂都是雜食性，喜歡棲息於人類的房屋的暗處或潮濕角落，牠們的繁殖力很強，也容易攜帶病原菌的生物，蟑螂對人類環境衛生的困擾和影響，但畢竟牠們度過了 6500 萬年前地球上多數物種滅絕，連中生代指標性生物~恐龍都難逃劫難，蟑螂真的或許有非常“壽”。

在生物課七下演化單元中提到過度使用殺蟲劑，會讓害蟲逐漸演化出抗藥性，新聞指出來自北卡羅來納州立大學（North Carolina State University）的研究團隊研究居家害蟲--德國蟑螂過去使用甜味餌誘捕蟑螂，已經造成現在的蟑螂演化成變得比較不愛甜味的行為，使得滅蟑誘餌的效果大打折扣。我們認為蟑螂是利用單複眼、觸角、味毛等感覺構造感受環境而產生行為，因此要防治蟑螂要先從牠的感官著手。我們選擇另一種居家常見蟑螂--美洲蟑螂，想了解其視覺和嗅覺上的偏好，雖然已有相關文獻研究，但我們認為實驗過程可能會有色光或氣味混淆的疑慮，所以希望改良器材後重新研究，並與同屬於蜚蠊科的櫻桃紅蟑，以及杜比亞蟑螂加以比較探討。此外，為了避免化學性毒餌的藥物殘留及抗藥性問題，我們也想了解是否能以植物性材料達到忌避、毒殺的效果，並找出多種適合的材料交替使用。最後，蟑螂是生物課中提到的清除者，我們能否反過來思考，利用蟑螂處理目前常見卻難以處理的廢棄物呢？跟老師討論過這些想法後，我們便開始著手進行研究。

貳、研究目的

- 一、探討三種蟑螂的色光偏好差異
- 二、探討三種蟑螂的氣味偏好差異
- 三、探討三種蟑螂的飢餓忍受度差異
- 四、探討植物性滅蟑餌劑對美洲蟑螂的防治效果
- 五、探討香草植物氣味對美洲蟑螂的忌避效果
- 六、探討環保滅蟑噴劑對美洲蟑螂的防治效果
- 七、探討植物性粉末煙燻對美洲蟑螂的防治效果
- 八、探討三種蟑螂在飢餓狀態取食廢棄物的差異

參、研究設備及器材

一、實驗生物及飼養器材

(一) 實驗生物：三種實驗用蟑螂（杜比亞蟑螂、櫻桃紅蟑、美洲蟑螂）。

(二) 飼養器材：透明箱、昆蟲飼養箱、成貓飼料、棉花、滴管。

二、自製設備



圖 1. 自製氣味實驗裝置



圖 2. 氣味實驗裝置用抽氣機



圖 3. 香草氣味忌避裝置



圖 4. 色光選擇裝置

三、實驗藥品及樣本植物：

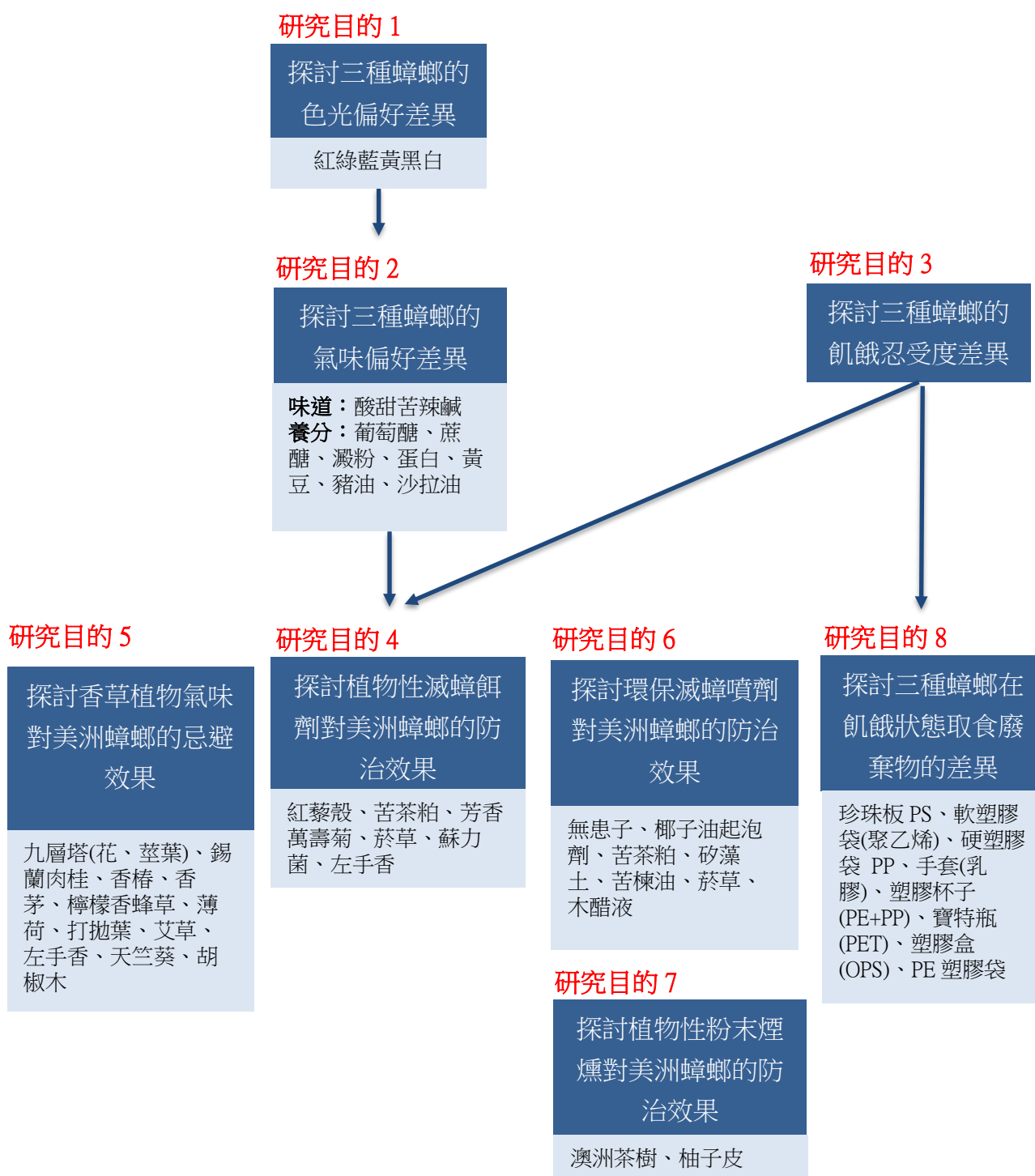
澄粉、各色玻璃紙、食物（醋、砂糖、葡萄糖、澱粉、苦瓜、鹽巴、雞蛋、黃豆、沙拉油、豬油）、香料植物（左手香、九層塔、香茅、胡椒木、錫蘭肉桂、香椿、香茅、檸檬香蜂草、薄荷、打拋葉、艾草、天竺葵）、滅蟑材料（紅藜殼、橘子皮、蘇力菌、苦茶粕、去漬油、澳洲茶樹、柚子皮、苦楝油、椰子油起泡劑、矽藻土、無患子液、菸草粉、木醋液）、廢棄物（保麗龍塊、紙袋、泡棉、紙板、不織布、珍珠板、PS、軟塑膠袋(PE)、硬塑膠袋(PP)、手套（乳膠）、塑膠杯子(PE+PP)、寶特瓶(PET)、塑膠盒(OPS)）。

四、其他器材

照度計、解剖顯微鏡、網路攝影機、電腦、電子天平、手機、Led 手電筒、燒杯、量筒、湯匙、鑷子、實驗手套、酒精、噴霧罐、塑膠桶、抽氣機、錫箔盤、黑布、剪刀、膠帶、釘書機、標示貼紙、捕蟑器、卡式爐、鐵鍋。

肆、研究過程與方法

一、研究架構圖



二、相關文獻整理

(一) 一般蟑螂的外表特徵：

蟑螂的體型橢圓扁平，體色大多為褐色，體表泛著油質亮光，所以又稱為「油




蟲」。

身體分為頭部、胸部、腹部三個部分，頭部具有觸角、複眼各一對；口器為咀嚼式。前胸背板發達，最前方的步足可以用來梳理觸角。中胸和後胸各有 1 對翅。

(二) 一般蟑螂習性：

1. 住家蟑螂為避免遭受白天人類的活動的干擾，故為晝伏夜出的夜行性。
2. 為了減少蟲體營養阻力，蟑螂為雜食性，諸如：食物、垃圾、廚餘甚至連排泄物等有機物、死或殘廢的同類都照吃不誤，以增加其生存之機會。
3. 蟑螂的耐饑性很強，在沒食物而有水分時，仍可存活一段時間（見研究 3）；過度饑餓的成蟲，會咬食其他幼蟲或卵鞘。
4. 蟑螂的身體上下扁平，演化為趨觸性(Thigmotropism)，遇到敵害攻擊時，能及時遁入縫隙內。平時亦習慣棲息隱身縫隙中，以減少天敵為害。

表 1 研究用三種蟑螂原產地及各項生態特性比較

蟑螂種類	美洲蟑螂	杜比亞蟑螂	櫻桃紅蟑
學名	<i>Periplaneta americana</i>	<i>Blattica dubia</i>	<i>Blatta lateralis</i>
體型大小	約 3.5cm	約 2cm	約 2cm
原產地	原產於非洲，後散布全世界熱帶地區和部分溫帶(美東各大城市)地區。體長大約三點五公分，是常見的 居家蟑螂 。	原產於阿根廷、烏拉圭、巴拉圭以及巴西南部之南美洲， 原當作寵物，後多用於飼料之用途 ，體長大約二公分。	原產於北非到印度之間的中亞、中東和東北薩哈拉，是當地常見之居家蟑螂， 多用於飼料之用途 。體長大約二公分。
用途	害蟲	寵物、飼料	飼料
體態	略呈橢圓形	近似圓形	略長的橢圓形近
體色	翅膀呈棕色，前胸背板有兩塊黑斑	棕色帶黑斑	桃紅色或深紅色
活體照片 (成體)			

三、研究目的 1：探討三種蟑螂的色光偏好差異

(一) 目的說明：我們想了解蟑螂除了紅光之外，在不同色光環境時的趨向反應是否有所差異。

(二) 實驗流程：

1. 實驗蟑螂來源：美洲蟑螂由中一中實驗室供應，櫻桃紅蟑及杜比亞蟑螂由市面購得。
2. 實驗蟑螂飼養環境：飼養空間為市面販售飼養箱，以市售成貓用飼料每週餵養一次，以棉花每 2 天定量加水 5ml 供應飲水，每週定時清理糞便和殘餘飼料，實驗室採自然

照光，因此晝夜節律與環境相同。

3. 我們製作圓筒形可旋轉色光位置之立體裝置（圖 6、圖 7），將圓形分成 4 區（圖 5），選擇對面的兩個扇形區域打入 Led 白光作為照光刺激的光源，另外兩個相對區域則以 Led 燈光穿透不同顏色玻璃紙（紅色、藍色、黃色、綠色），產生不同色光效果進行比較。為了使實驗誤差縮小，我們透過改變光源距離，將四種色光和白光的亮度控制在 400lux 左右(±5%)，起始色光位置配置為第二、四區白光，第一、三區色光組合分別為白光和白光（以下簡稱白-白組）、黑暗和黑暗（以下簡稱黑-黑組）、黃光和紅光（以下簡稱黃-紅組）、黃光和藍光（以下簡稱黃-藍組）、黃光和綠光（以下簡稱黃-綠組）、紅光和藍光（以下簡稱紅-藍組）、紅光和綠光（以下簡稱紅-綠組）、藍光和綠光（以下簡稱藍-綠組）。
4. 每種色光組合實驗放入 10 隻蟑螂(選擇外觀健康，翻正實驗後仍活力佳者，殘翅或活動力差者則排除)進行觀察，30 秒紀錄一次活動狀態，每 90 秒轉換一次色光位置，每組時間約 10.5 分鐘。為防止蟑螂只是一直不斷向前跑（以頭部方向為前進方向），我們採取不規律的進行色光旋轉順序，旋轉順序如下：順時針轉 90° 一次→逆時針旋轉 90° 各三次→順時針轉 90° 各兩次（回到原位）。
5. 紀錄並比較三種蟑螂差異。

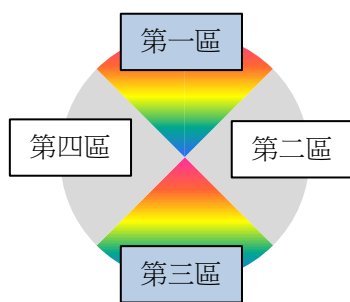


圖 5. 色光區域編號



圖 6. 色光裝置俯視圖



圖 7. 色光裝置側視圖

四、研究目的 2：探討三種蟑螂的氣味偏好差異

(一) 目的說明：我們想藉由各種食物氣味誘引蟑螂，了解蟑螂的氣味偏好，並進一步作為研究 4 的誘引物。

(二) 實驗流程：

1. 氣味樣品選擇：我們將操作變因設定為模擬日常生活中常見的各種味道類，包括酸（食用醋）、甜（台糖二級砂糖）、苦（苦瓜汁）、辣（辣椒粉）、鹹(食鹽水)，以及利用廚房或食物中常見的材料來調配各種養分類，包括醣類（蔗糖、澱粉）、植物性蛋白質（黃豆蛋白）、動物性蛋白（雞蛋蛋白）及植物性脂質（沙拉油）、動物性油脂（豬油）。上述材料以重量百分濃度 10% 進行配置備用。
2. 自製抽氣式氣味選擇裝置（裝置圖構造如圖 1、圖 9）。
3. 實驗前先將三種蟑螂各 10 隻禁食（仍有供應水）一週，作為實驗對象(選擇外觀健康，翻正實驗後仍活力佳者，殘翅或活動力差者則排除)。

- 將棉花吸附各種氣味樣品後，置放在錫箔盤中，並在錫箔盤上覆蓋紗網，僅引誘蟑螂靠近但無法取食，避免蟑螂進食影響下一個實驗。
- 實驗開始時，於適應區外覆紅色玻璃紙，利用棉花封住氣味通道，然後在適應區放入 10 隻待測蟑螂，在紅光條件下先適應 5 分鐘。
- 裝置一端的味源區先放入待測氣味樣品，另一端味源區放入對照組（味道類為水，養分類為 10% 葡萄糖液），啟動抽氣機（空氣流動過程如圖 10）促進裝置內空氣流動，也避免兩端氣味擴散至另一端，一分鐘後取下適應區的紅色玻璃紙，並將味源區包覆紅色玻璃紙，透過光線轉變促使蟑螂活動，在第 1、3、5 分鐘觀察紀錄分布，如圖 8。
- 每種樣品三種蟑螂各測試一次，更換不同氣味樣品或蟑螂時，先用酒精擦拭裝置，等待一分鐘氣味消失後再次進行實驗。
- 紀錄並比較三種蟑螂差異。



圖 8. 氣味選擇過程

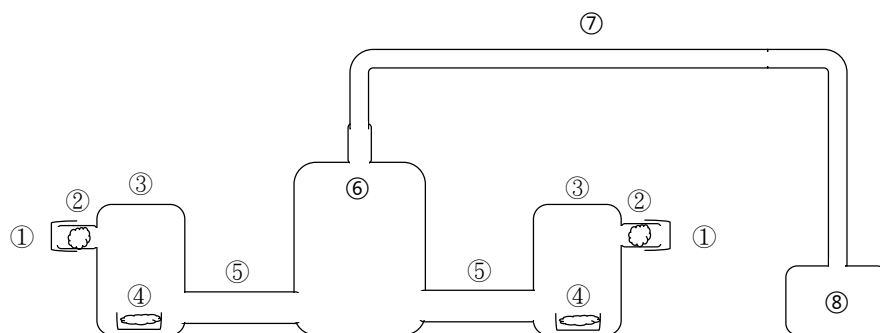


圖 9. 氣味選擇裝置構造示意圖。① 空氣過濾裝置（活性炭）。② 加溼裝置（濕棉花）。③ 味源區。④ 氣味樣品。⑤ 選擇通道。⑥ 適應區。⑦ 風管。⑧ 抽氣馬達。

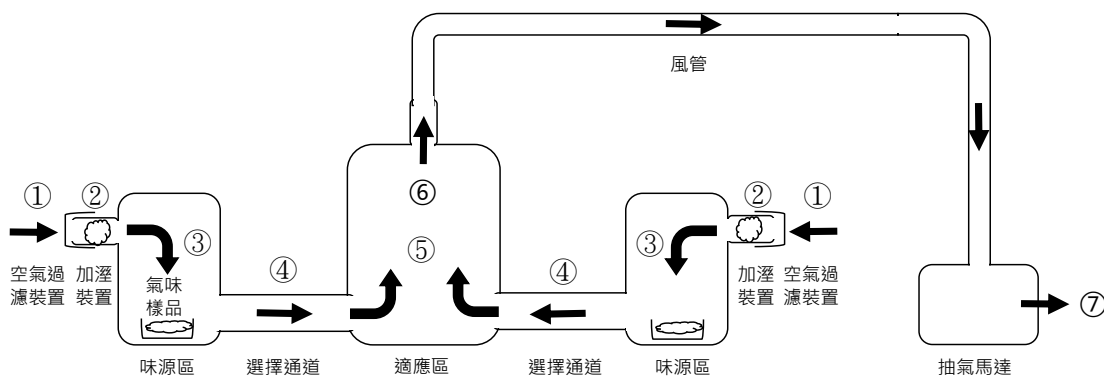


圖 10. 氣味選擇裝置氣體通路示意圖。① 空氣進入通過過濾裝置，清除空氣中氣味。② 空氣通過加溼裝置，增加空氣濕度，以便附著氣味樣品之氣味。③ 空氣通過氣味樣品，附著氣味。④ 氣味進入選擇通道。⑤ 氣味進入適應區。⑥ 氣味由適應區抽出，避免擴散至整個裝置，造成相互影響。⑦ 抽氣馬達將裝置空氣抽出，促進裝置內空氣流動。

五、研究目的 3：探討三種蟑螂的飢餓忍受度差異

(一) 目的說明：想了解三種蟑螂缺乏食物和水能存活多久，並作為研究 8 的對照。

(二) 實驗流程：

1. 取三種蟑螂各 3 隻，每盒 1 隻放置於透明盒中（圖 11），並以釘書針、膠帶密封防止脫逃。
2. 不提供任何食物、水之條件下，長期觀察各種蟑螂之存活狀況，並進行紀錄比較。



圖 11. 飢餓忍受度實驗裝置。

六、研究目的 4：探討植物性滅蟑餌劑對美洲蟑螂的防治效果

(一) 目的說明：七年級下學期生物課時曾提到有毒物質可能透過生物累積作用造成的後果是不堪設想，因此我們期望透過環保無毒材料，嘗試找尋合適之驅蟑或滅蟑材料。

(二) 實驗流程：

1. 製作環保滅蟑餌料：
 - (1) 為了餌料必須可以誘引美洲蟑螂攝食，根據研究 2 結果選擇吸引力佳的澱粉。我們利用市售的小麥澱粉（澄粉）和水以 3：1 的方式煮成漿糊狀，方便混入餌料。
 - (2) 從居家環境選擇萬壽菊、紅藜殼、蘇力菌、苦茶粕、菸草粉、橘子外果皮等可能有毒性效果之材料及已被證實有效的硼酸，利用搗碎或浸泡方式取碎粒或汁液，取澱粉漿糊 2.8 公克加入材料 0.2 公克，將材料均勻攪拌後填置在藥盒中，作為實驗用餌劑。
2. 塑膠盒一半包覆紅色玻璃紙（遮光區）放進餌劑及吸水棉花，另一半不遮光處理，促進蟑螂取食（圖 12）。
3. 每種材料使用 3 隻飢餓一週的美洲蟑螂（並選擇外觀健康，翻正實驗後仍活力佳者，殘翅或活動力差者則排除）進行測試，每天固定時間觀察狀況並紀錄。
4. 兩週觀察結束後，測試存活蟑螂翻正反射動作成功率與耗費時間紀錄（圖 13），以瞭解毒餌的毒效差異性。將蟑螂置於透明的盒子中，置於網路攝影機鏡頭範圍內全程錄影，將實驗盒子倒置並輕拍，使蟑螂以腹部朝上的姿態跌落至盒子底部，呈四腳朝天翻肚狀態，直到翻身成功，並以若翻身花費時間超過 15 秒以上，即定義為未翻身成功。若在 15 秒(含)內順利翻正，則記錄實際翻正所消耗時間，然後再將盒子翻正，再進行一次輕拍、跌落的觀察，每隻實驗蟑螂均重複 10 次，計算翻正成功率及翻正所耗時間。



圖 12. 滅蟑餌劑實驗裝置



圖 13. 蟑螂翻正反射測試

七、研究目的 5：探討香草植物氣味對美洲蟑螂的忌避效果

(一) 目的說明：除了以餌劑方式滅蟑，我們希望透過其他無毒方式達到家中沒有蟑螂的目的，像是在食物或櫥櫃內放置特殊氣味材料來驅蟑，使其不敢靠近家中。

(二) 實驗流程：

1. 選用九層塔（花、莖葉）、錫蘭肉桂、香椿、香茅、檸檬香蜂草、薄荷、打拋葉、艾草、左手香、天竺葵、胡椒樹等具有特殊氣味之香草植物（圖 14）。
2. 將待測試的物質置於圓形容器（圖 3）內的圓心位置，畫上 4 個同心圓且間隔皆為 2.54 公分（1 英吋）做為測量依據，中間為第 1 區，愈向外圍，區域數愈大，一直到第 5 區。
3. 在圓心分別放入待測蟑螂（並選擇外觀健康，仍活力佳者，殘翅或活動力差者則排除）到不同的 12 種材料和對照組進行觀察，每次投入不同氣味測試材料後，靜置每隔 1、3、5 分鐘時，觀察蟑螂與材料間的直線距離。每種氣味測試材料以三隻蟑螂各進行測試一次。



圖 14. 香草氣味忌避實驗選用香草

八、研究目的 6：探討環保滅蟑噴劑對美洲蟑螂的防治效果

(一) 目的說明：在碰到蟑螂時，為了能有效殺蟑，我們期望找尋以環保無毒材料，製成適合噴霧方式滅蟑之材料。

(二) 實驗流程：

1. 將待測試之天然環保滅蟑噴劑的物質，包括：紅藜殼、萬壽菊、蘇力菌、苦楝油、木醋液、矽藻土、菸葉粉、天然無患子液、椰子油起泡劑，按文獻或製造商所提供之滅蟲(以農業害蟲為主)推薦用量等比例稀釋。另使用去漬油、硼酸作為化學藥劑比較。



圖 15. 噴劑滅蟑實驗

2. 以市售簡易式噴霧罐按比例裝填各種試劑溶液，將美洲蟑螂置放入燒杯中，並以試樣噴劑噴壓 30 下（合計約 4ml）至蟑螂體表（圖 15），觀察拍照、計時並記錄死亡時間，每種物質（含對照組-水）測試三隻(均先做過翻正實驗，屬活力佳者)。
3. 各種材料稀釋比例：
 - (1)苦楝油、菸葉粉：加水稀釋 200 倍。(2)無患子液：加水稀釋 150 倍。(3)矽藻土、苦茶粕：加水稀釋至 5%濃度。(4)椰子油起泡劑：加水稀釋至 10%。(5)木醋液：免稀釋、直接使用。

九、研究目的 7：探討植物性粉末煙燻對美洲蟑螂的防治效果

(一) 目的說明：我們認為在滅蟑方式中，毒餌須有效誘引並注意劑量，噴劑則適用直接噴灑蟲體，如果蟑螂危害嚴重、需要短時間大量撲殺，則須利用類似市面上的水煙燻蒸方式。故我們運用七年級實驗過的滅蚊材料，期望透過環保無毒材料，進行煙燻方式以大量滅蟑。

(二) 實驗流程：

1. 收集澳洲茶樹粉及柚子皮粉
 - (1) 將茶樹摘下，分離樹枝和葉片，兩種部位皆進行二種作法：
 - ① 經由曝曬法後，以磨碎機（圖 16）磨成粉末。
 - ② 放入急速冷凍乾燥機（圖 17）完全脫去水分後（凍乾法），以磨碎機磨成粉末。
本研究將冷凍乾燥法，簡稱為凍乾法。原理是將物質置於封閉的容器中，施加冷凍處理，待物質內的水分被凍結成固態水後，再以抽真空的方式降低真空槽內的壓力，使物質內的固態水能昇華，進而抽排至真空系統外，以達到乾燥的目的。此冷凍乾燥過程中，物質之固態粒子一直被「鎖」於基體中而不相互作用，故可以保持處理後的物品成份及結構與原物品相同，只是除去其中所含之水分而已。
 - (2) 柚子果皮比照茶樹操作步驟，分成外果皮（最外層綠色部分）和中果皮（中間白色厚厚的部分），重複①及②之步驟，收集果皮粉末。
2. 取 5 公克的曝曬法各樣本粉末（圖 18），以打火機點燃，放置在有對外通氣之壓克力箱中（圖 19），再取 1 隻美洲蟑螂(並選擇外觀健康，翻正實驗後仍活力佳者，殘翅或活動力差者則排除)放入透明壓克力箱中。
3. 利用點燃樣本產生之煙薰氣味，觀察記錄單位時間內(約半天時間)驅除蟑螂或造成蟑螂致死狀態情形，按照滅蟑強度概分為 1~5 個等級，1 級活力佳，5 級則為死亡。



圖 16. 磨碎機



圖 17. 急速冷凍乾燥機



圖 18. 各式實驗粉末



圖 19. 通氣實驗箱

十、研究目的 8：探討三種蟑螂在飢餓狀態取食廢棄物的差異

(一) 目的說明：近年來無法分解的塑膠垃圾造成世界極大危害，因此想了解號稱「放進嘴巴通吃」的蟑螂是否可以從人人喊打的小蟲搖身一變，成為清除地球廢棄物垃圾的清道夫。

(二) 實驗流程：

1. 在飼養盒（圖 20）中放入各式的廢棄物，並在蓋子上戳洞，避免蟑螂窒息而死。
2. 放入禁食飢餓一週之三種實驗用蟑螂（並選擇外觀健康，翻正實驗後仍活力佳者，殘翅或活動力差者則排除），用膠帶封住蓋子，並在蓋子上貼上標籤，以方便記錄。
3. 將所有的蟑螂依照組別順序放上櫃子觀察區（圖 21），每天進行觀察以及紀錄。
4. 第 1 階段實驗廢棄物（體積）：保麗龍塊（ $1.5 \times 1.5 \times 1.5 \text{ cm}^3$ ）、紙袋、PE 塑膠袋及不織布（均 $1.5 \times 1.5 \text{ cm}^2$ ）、泡棉（ $1.5 \times 1.5 \times 0.2 \text{ cm}^3$ ）、紙板（ $1.5 \times 1.5 \times 0.1 \text{ cm}^3$ ）。
5. 第 2 階段實驗廢棄物（體積大小）：珍珠板 PS（ $1.5 \times 1.5 \times 0.2 \text{ cm}^3$ ）、軟塑膠袋(PE)、硬塑膠袋(pp)、手套（乳膠）、寶特瓶(PET)、塑膠杯子(PE+PP)、塑膠盒(OPS)（均 $1.5 \times 1.5 \text{ cm}^2$ ）。



圖 20. 實驗飼養裝置盒



圖 21. 實驗觀察櫃子區

伍、研究結果

一、研究目的 1：探討三種蟑螂的色光偏好差異

- (一) 在負趨光性表現上，黑暗-黑暗組中三種蟑螂的反應率為 74.3%~81.4%，有相當高的比例選擇往黑暗區移動，證明三種蟑螂皆具有「負趨光性」，同科的櫻桃紅蟑和美洲蟑螂差距為 7.1%（見表 2）。
- (二) 色光選擇（反應率）：代表色光組合是否能使蟑螂表現出趨向行為
1. 美洲蟑螂：反應率 48.6%~75.7%，不同色光組合的反應率差異較大，普遍小於黑暗組 74.3%，代表美洲蟑螂對黑暗的偏好大於各種色光組合（圖 22）。
 2. 櫻桃紅蟑：反應率 54.3%~75.7%，不同色光組合的反應率差異較大，小於黑暗組 81.4.0%。代表櫻桃紅蟑對黑暗的偏好也大於各種色光組合（圖 23）。
 3. 杜比亞蟑螂：反應率 70.0%~85.7%，不同色光組合的反應率差異較小，紅-綠組、紅-藍組大於黑暗組 80.0%，顯示杜比亞蟑螂對色光組合反應效果則較強，並大於黑暗組（圖 24）。
- (三) 色光選擇（選擇係數）：選擇係數 >0 ，表示蟑螂對前類色光較為偏好，數值愈大，代表偏好愈強，最大值為 1；選擇係數 <0 ，表示蟑螂對後類色光較為偏好（圖 22~24）
1. 美洲蟑螂：比對各色光組合後，美洲蟑對色光的偏好為紅光 $>$ 黃光 $>$ 綠光 $>$ 藍光。
 2. 櫻桃紅蟑：比對各色光組合後，櫻桃紅蟑對色光的偏好為紅光 $>$ 綠光 $>$ 黃光 $>$ 藍光。
 3. 杜比亞蟑螂：比對各色光組合後，杜比亞對色光的偏好為紅光 $>$ 黃光 $>$ 藍光 $>$ 綠光。

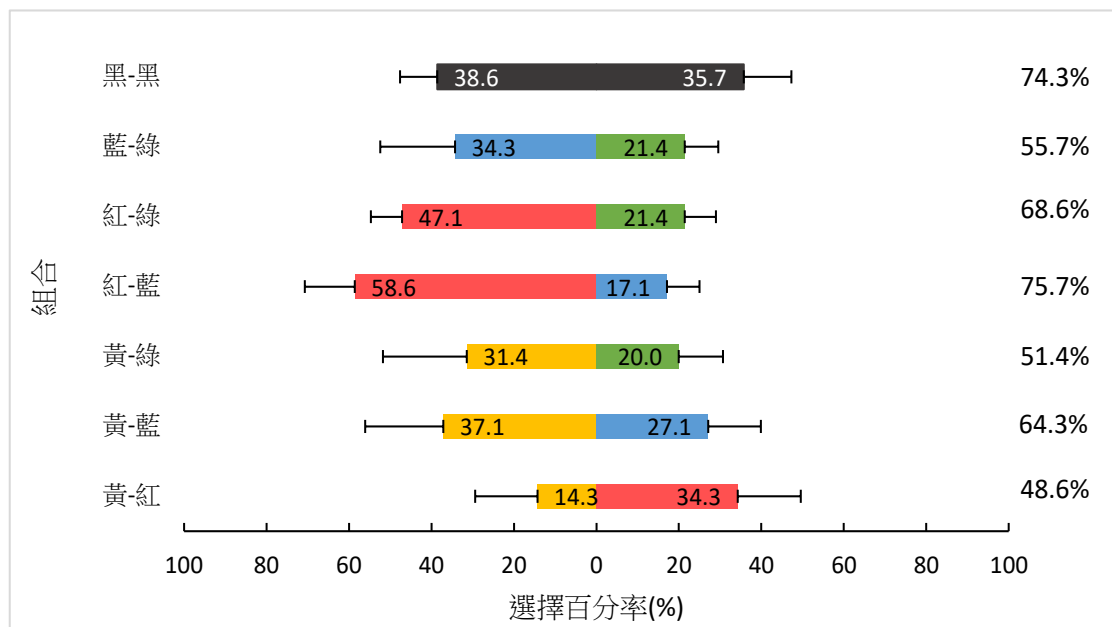


圖 22. 美洲蟑螂對不同色光組合的選擇反應。柱形內數據表示對某類色光做出選擇行為的蟑螂百分率，右側百分數表示有選擇行為的個體佔總測試蟑螂數量的比率(以下同此註記)。

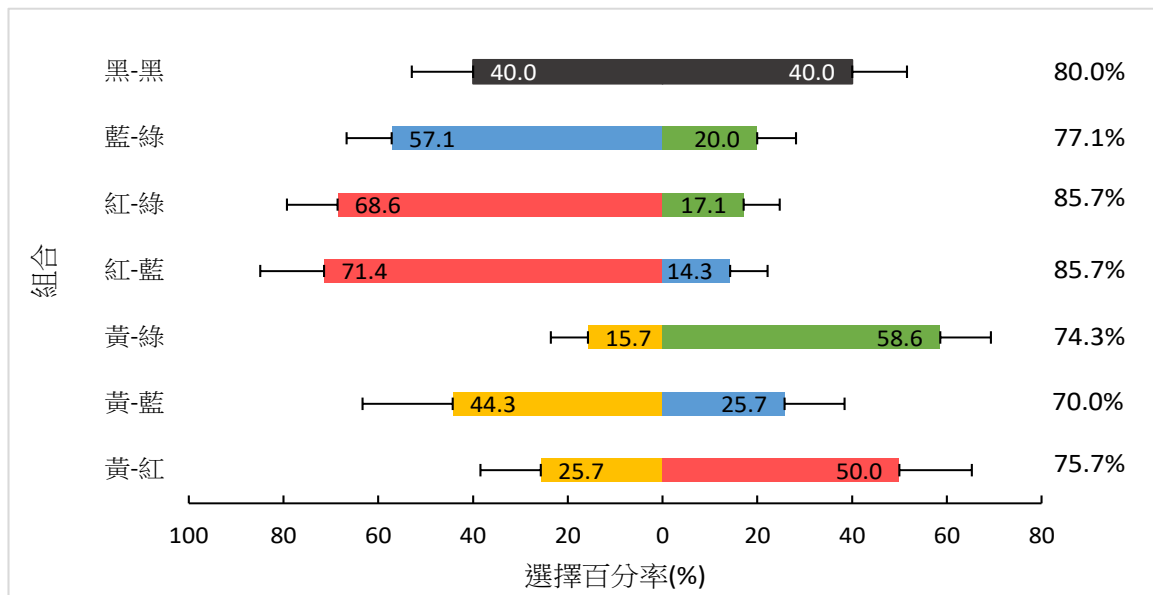


圖 23. 櫻桃紅蟑對不同色光組合的選擇反應。

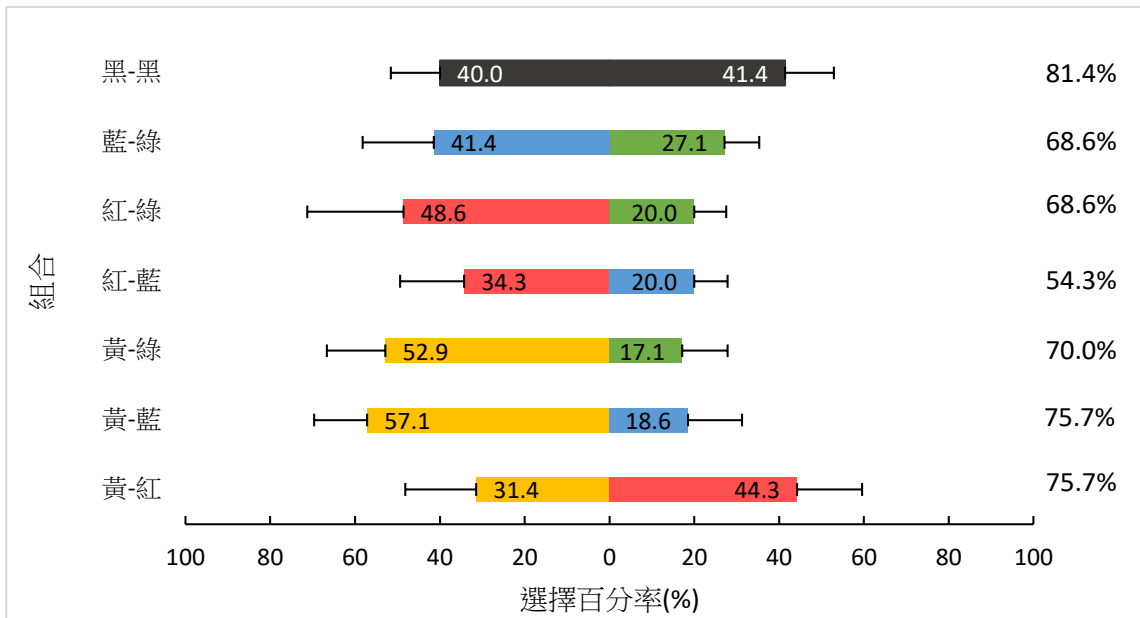


圖 24. 杜比亞蟑對不同色光組合的選擇反應

表 2. 三種蟑螂對不同色光的選擇

色光組合	蟑螂種類	反應率(%)	選擇係數 ^{註1}
黃光-紅光	美洲	48.6	-0.37
	櫻桃紅	75.7	-0.13
	杜比亞	75.7	-0.31
黃光-藍光	美洲	64.3	0.10
	櫻桃紅	75.7	0.51
	杜比亞	70.0	0.25

色光組合	蟑螂種類	反應率(%)	選擇係數 ^{註1}
黃光-綠光	美洲	51.4	0.17
	櫻桃紅	70.0	0.52
	杜比亞	74.3	-0.59
紅光-藍光	美洲	75.7	0.54
	櫻桃紅	54.3	0.23
	杜比亞	85.7	0.66
紅光-綠光	美洲	68.6	0.37
	櫻桃紅	68.6	0.38
	杜比亞	85.7	0.60
綠光-藍光	美洲	55.7	0.25
	櫻桃紅	68.6	0.27
	杜比亞	77.1	0.48
黑暗-黑暗	美洲	74.3	0.0
	櫻桃紅	81.4	0.0
	杜比亞	80.0	0.0

註1：選擇係數 = (前類色光蟑螂數量 - 後類色光蟑螂數量) ÷ 總反應蟑螂數量

二、研究目的 2：探討三種蟑螂對不同食物類別氣味的偏好

根據圖 25～圖 30，以及表 3～表 4 的結果發現：

(一) 氣味選擇 (反應率)：代表蟑螂對氣味是否能引起蟑螂趨向行為

1. 味道類

- (1) 美洲蟑螂：醋與苦瓜汁的反應率僅 30～40%，二級砂糖、辣椒、鹽則為 70～90%。
- (2) 櫻桃紅蟑：所有氣味均有 90～100%的反應率。
- (3) 杜比亞蟑螂：苦瓜汁和辣椒的反應率為 40～50%，醋、二級砂糖、鹽則為 70%。

2. 養分類

- (1) 美洲蟑螂：蛋黃、豬油、沙拉油的反應率僅 20～40%，水、澱粉、蔗糖、黃豆為 70～100%。
 - (2) 櫻桃紅蟑：所有氣味均為 60～100%。
 - (3) 杜比亞蟑螂：所有氣味均為 10～40%。
- (二) 氣味選擇 (選擇係數)：選擇係數 > 0，表示蟑螂對前類氣味較為偏好，數值愈大，代表偏好愈強，最大值為 1；選擇係數 < 0，表示蟑螂對後類氣味較為偏好。

1. 味道類

- (1) 美洲蟑螂：醋為-1，表示美洲蟑螂對醋完全不偏好。其餘偏好程度依序為二級砂糖 > 鹽 > 苦瓜汁 > 辣椒。
- (2) 櫻桃紅蟑：對所有氣味皆不偏好，其中醋、二級砂糖、辣椒完全不偏好，苦瓜汁、鹽則為-0.6。

(3) 杜比亞蟑螂：對所有氣味皆不偏好，其中醋、二級砂糖、鹽完全不偏好，苦瓜汁為-0.5，辣椒為-0.6。

2. 養分類：

- (1) 美洲蟑螂：蔗糖、黃豆為-0.2~-0.4，不偏好此兩類養分氣味，較偏好葡萄糖，蛋白、豬油和沙拉油為0，表示對此三類氣味和葡萄糖無特別偏好。氣味偏好程度依序為水>澱粉>葡萄糖=蛋白=豬油=沙拉油>蔗糖>黃豆。
- (2) 櫻桃紅蟑：蛋白、黃豆、豬油、沙拉油為-0.7~-0.8，不偏好此四類養分，較偏好葡萄糖。氣味偏好程度依序為水>澱粉=蔗糖>蛋白=蛋黃=沙拉油>豬油。
- (3) 杜比亞蟑螂：澱粉為-0.3，不偏好此類養分，較偏好葡萄糖，蔗糖為1，偏好最強。氣味偏好程度依序為蔗糖>水>葡萄糖=蛋白=蛋黃=沙拉油=豬油>澱粉。

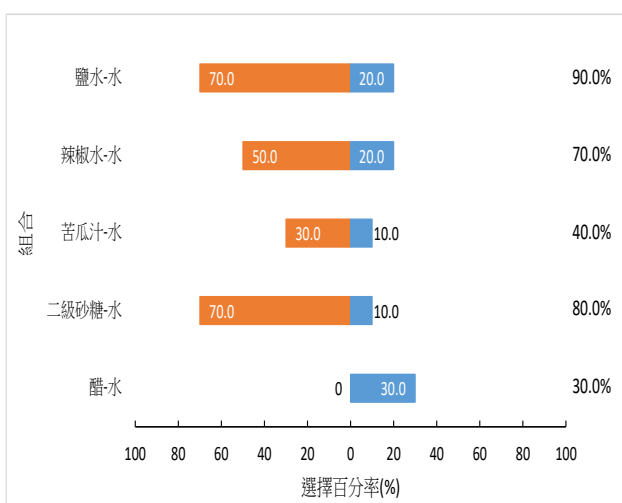


圖 25. 美洲蟑螂對不同味道類氣味組合的選擇反應

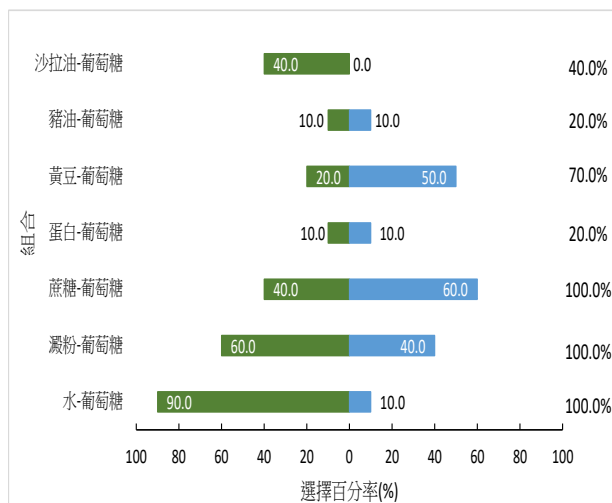


圖 26. 美洲蟑螂對不同養分類氣味組合的選擇反應

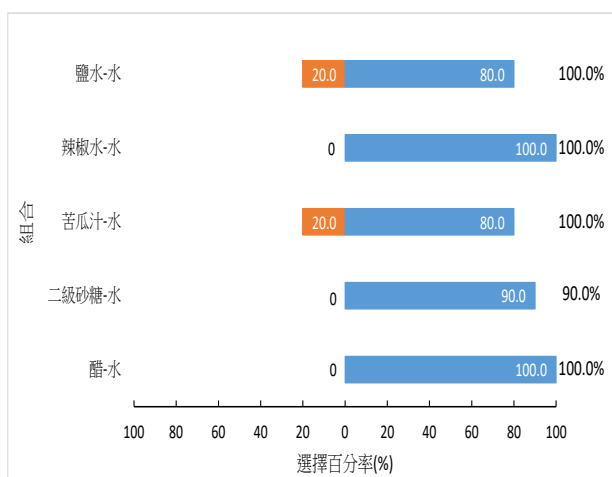


圖 27. 櫻桃紅蟑對不同味道類氣味組合的選擇反應

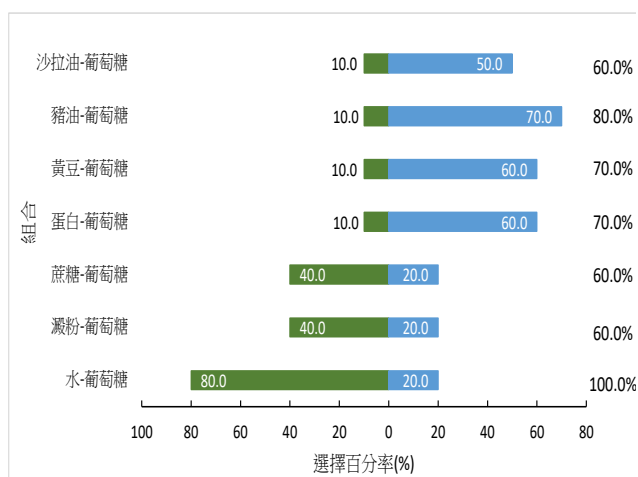


圖 28. 櫻桃紅蟑對不同養分類氣味組合的選擇反應

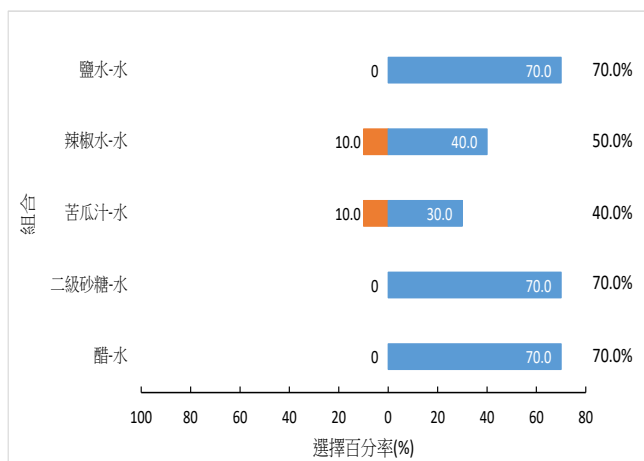


圖 29. 杜比亞蟑螂對不同味道類氣味組合的選擇反應

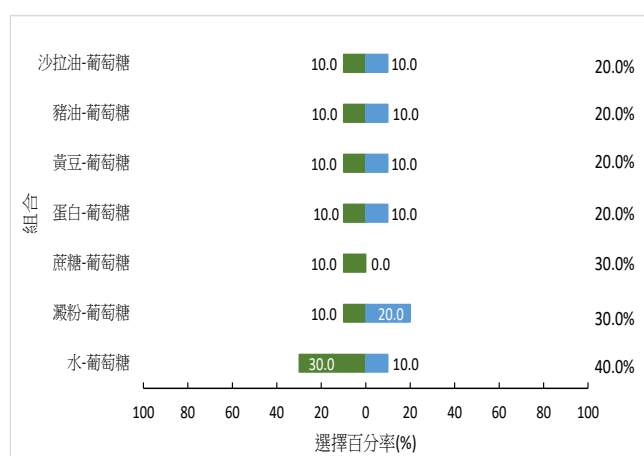


圖 30. 杜比亞蟑螂對不同養分類氣味組合的選擇反應

表 3. 三種蟑螂對不同氣味（味道類）的選擇

氣味組合	蟑螂種類	反應率(%)	選擇係數 ^{註1}
醋-水	美洲	30.0	-1.00
	櫻桃紅	100.0	-1.00
	杜比亞	70.0	-1.00
二級砂糖-水	美洲	80.0	0.75
	櫻桃紅	90.0	-1.00
	杜比亞	70.0	-1.00
苦瓜汁-水	美洲	40.0	0.50
	櫻桃紅	100.0	-0.60
	杜比亞	40.0	-0.50
辣椒水-水	美洲	70.0	0.43
	櫻桃紅	100.0	-1.00
	杜比亞	50.0	-0.60
鹽水-水	美洲	90.0	0.56
	櫻桃紅	100.0	-0.60
	杜比亞	70.0	-1.00

註 1：選擇係數 = (前類氣味蟑螂數量 - 後類氣味蟑螂數量) ÷ 總反應蟑螂數量

表 4. 三種蟑螂對不同氣味（養分類）的選擇

氣味組合	蟑螂種類	反應率(%)	選擇係數 ^{註1}
水-葡萄糖	美洲	100.0	0.80
	櫻桃紅	100.0	0.60
	杜比亞	40.0	0.50
澱粉-葡萄糖	美洲	100.0	0.2
	櫻桃紅	60.0	0.3
	杜比亞	30.0	-0.3
蔗糖-葡萄糖	美洲	100.0	-0.2
	櫻桃紅	60.0	0.3
	杜比亞	10.0	1.0
蛋白-葡萄糖	美洲	20.0	0.0
	櫻桃紅	70.0	-0.7
	杜比亞	20.0	0.0
黃豆-葡萄糖	美洲	70.0	-0.4
	櫻桃紅	70.0	-0.7
	杜比亞	20.0	0.0
豬油-葡萄糖	美洲	20.0	0.0
	櫻桃紅	80.0	-0.8
	杜比亞	20.0	0.0
沙拉油-葡萄糖	美洲	40.0	1.0
	櫻桃紅	60.0	-0.7
	杜比亞	20.0	0.0

註 1：選擇係數 = (前類氣味蟑螂數量 - 後類氣味蟑螂數量) ÷ 總反應蟑螂數量

三、研究目的 3：探討三種蟑螂的飢餓忍受程度差異

由表 5 的結果發現，蟑螂在缺乏水及食物的情況下，以杜比亞蟑螂活的最久，平均存活 56 天，其中有一隻甚至達 66 天之久（圖 31、圖 32），其次為櫻桃紅蟑，平均存活度達 27 天（約 4 個禮拜），表現最差者反而是體型最大的美洲蟑螂，平均存活度僅 16 天。

表 5. 三種蟑螂飢餓忍受度（存活）天數統計表

編號	開始實驗日期	死亡日期	存活天數	平均存活天數
美洲蟑螂 1	2 月 8 日	2 月 21 日	14 天	
美洲蟑螂 2	2 月 8 日	2 月 21 日	14 天	16 天
美洲蟑螂 3	2 月 8 日	2 月 27 日	20 天	
櫻桃紅蟑 1	2 月 8 日	2 月 27 日	20 天	
櫻桃紅蟑 2	2 月 8 日	3 月 5 日	26 天	27 天
櫻桃紅蟑 3	2 月 8 日	3 月 14 日	35 天	
杜比亞蟑螂 1	2 月 8 日	4 月 11 日	63 天(耐活第 2 久)	
杜比亞蟑螂 2	2 月 8 日	3 月 19 日	40 天	約 56 天
杜比亞蟑螂 3	2 月 8 日	4 月 14 日	66 天(存活最久)	



圖 31. 杜比亞蟑螂(a1)存活 63 天



圖 32. 杜比亞蟑螂(a3)存活 66 天

四、研究目的 4：探討植物性滅蟑餌劑對美洲蟑螂的防治效果

由表 6 的結果顯示，以致死率來看，各種植物性環保滅蟑餌劑實驗中，明顯看出一般慣用滅蟑物~硼酸致死率最高（屬於化學性，對哺乳類有弱毒性危害），而其次為橘子外果皮及萬壽菊處理組致死率達 66.7%，其中橘子外果皮僅需 1 天（圖 33）。

以存活者的翻正反射來看，紅藜殼處理組翻正所需時間最久，達 5.6 秒以上（圖 34），翻正成功率也最低，其次為菸草和苦茶粕均會使翻正所需時間拉長。

表 6. 植物性毒餌對美洲蟑螂影響

組別	存活率(%)	致死所需 天數(天)	存活者翻正 所需時間(秒)	存活者翻正 成功率(%)
萬壽菊	66.7	10	1.0 ± 0.0	100 ± 0.0
紅藜殼	100.0	-	5.6 ± 8.0	90 ± 17.3
苦茶粕	100.0	-	1.2 ± 0.3	100 ± 0.0
菸草	100.0	-	1.4 ± 0.7	100 ± 0.0
蘇力菌	100.0	-	1.0 ± 0.0	100 ± 0.0
橘子外果皮	66.7	1	1.0 ± 0.0	100 ± 0.0
左手香	100.0	-	1.0 ± 0.0	100 ± 0.0
硼酸	0.0	5.3	-	-
無添加	100.0	-	1.0 ± 0.0	100 ± 0.0

註：蟑螂翻正成功率=翻正反射成功次數÷翻正反射實驗次數（10次）



圖 33. 橘子果皮處理蟑螂致死所需天數最短



圖 34. 紅藜殼處理翻正實驗

五、研究目的 5：探討香草植物氣味對美洲蟑螂的忌避效果

我們將結果分為第一分鐘時與中心的直線距離，以及第五分鐘時的直線距離減去第一分鐘時的直線距離，其意義如下：

1. 第一分鐘時與中心的直線距離（以下簡稱第一分鐘），代表蟑螂接觸香草後短時間內的位移，也就是香草忌避效果（短時間內）。
2. 第五分鐘時的直線距離減去第一分鐘時的直線距離（以下簡稱五分鐘距離差），代表較長時間後的位移變化，也就是香草持續忌避效果。

（一）新鮮香草忌避實驗結果（圖 35）：

1. 香草忌避效果（第一分鐘）：香茅 > 艾草 > 胡椒木 > 薄荷 > 香椿檸檬 > 香蜂草 > 錫蘭肉桂 > 天竺葵 > 九層塔（莖葉） > 打拋葉 > 左手香 > 對照組 > 九層塔（花）。
2. 香草持續忌避效果（五分鐘距離差）：九層塔（花） > 九層塔（莖葉） > 檸檬香蜂草 > 對照組 > 薄荷 = 天竺葵 > 錫蘭肉桂 > 胡椒木 > 左手香 > 打拋葉 > 艾草 > 香茅 > 香椿

（二）乾燥香草忌避實驗結果（圖 35）：

1. 香草忌避效果（第一分鐘）：九層塔（花） > 九層塔（莖葉） > 檸檬香蜂草 > 香茅 > 打拋葉 > 胡椒木 > 香椿 > 艾草 > 錫蘭肉桂 > 天竺葵 > 對照組 > 薄荷 > 左手香。

2. 香草持續忌避效果（五分鐘距離差）：對照組>艾草>九層塔（莖葉）>胡椒木>九層塔（花）>錫蘭肉桂>天竺葵>檸檬香蜂草>左手香>香椿>打拋葉>薄荷。

（三）綜合結果比較（圖 35）：

1. 多數香草乾燥後忌避效果降低，九層塔效果反而增加。
2. 多數香草乾燥後持續忌避效果降低。
3. 使用香草忌避宜採用新鮮香草，九層塔則建議乾燥後使用。

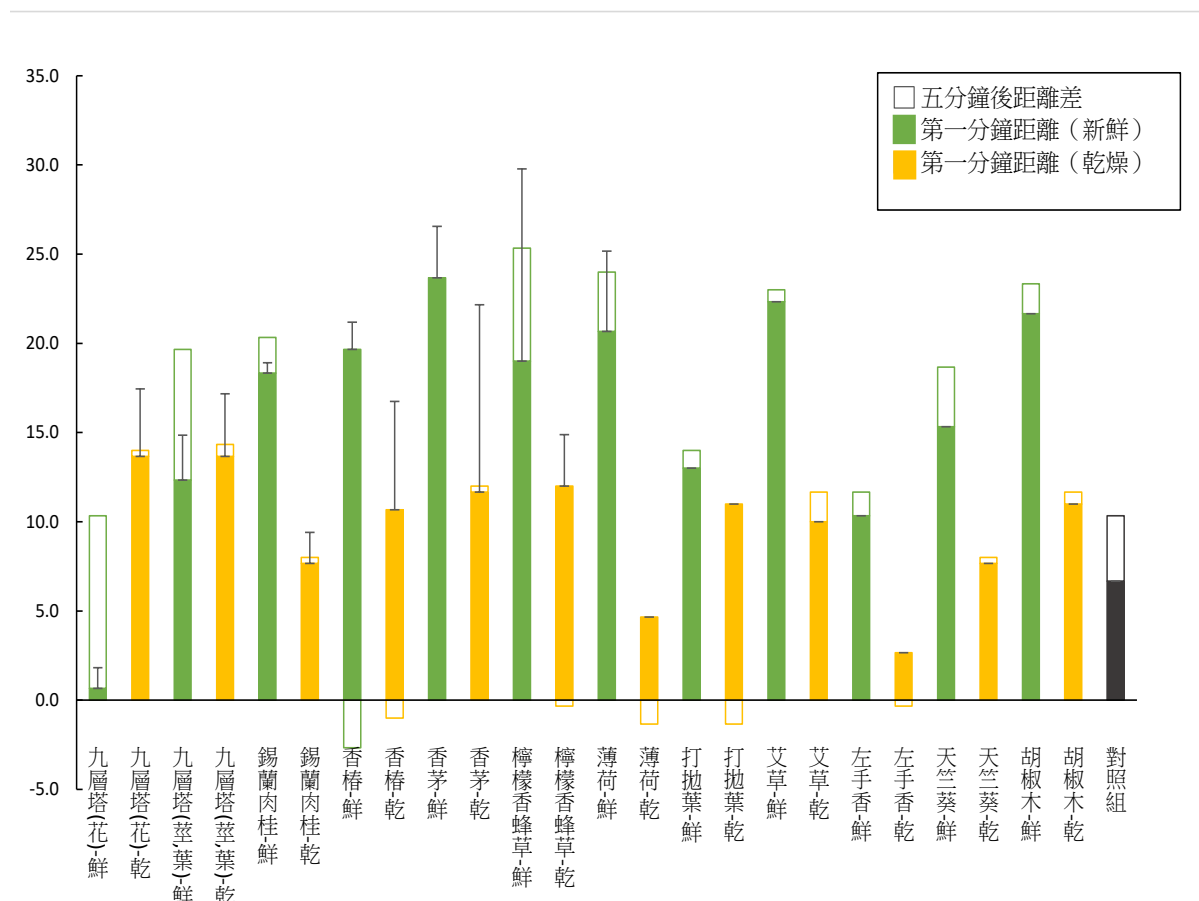


圖 35. 香草（新鮮和乾燥）的忌避效果

六、研究目的 6：探討環保滅蟑噴劑對美洲蟑螂的防治效果

由表 7 可知自製各種天然滅除美洲蟑螂噴劑實驗中，去漬油（有機溶劑）雖然效果名列第一名，第一天致死率達 100%且平均存活時間最短，平均僅需 1.56 分可致死，然而並不環保，其他效果甚佳者一天致死率 100%依序為木醋液（2.03 分）（圖 36）、椰子油起泡劑（13.48 分）（圖 37）、苦楝油（8.2 小時）、菸草粉（16.1 小時），苦茶粕及無患子液均約 1 天內致死。

表 7. 自製各種天然滅除美洲蟑螂噴劑可行性實驗觀察結果(107.6.9~6.10)

代號~添加物	死亡數 (隻)	致死率(%) ^註	平均存活時間	效果排名
a. 界面活性劑(椰子油起泡劑)5%	3	100	13.48 分	3
b. 無患子液(稀釋 150 倍)	3	100	1 天	6
c. 苦楝油(稀釋 200 倍)	3	100	8.2 小時	4
d. 菸草 0.1%	3	100	16.1 小時	5
e. 矽藻土 5%	2	67	1 天	8
f. 苦茶粕 10%	3	100	1 天	6
g. 去漬油(直接噴 2ml)	3	100	1.56 分	1
h. 木醋液 (直接噴 4.5ml)	3	100	2.03 分	2
i. 蘇力菌 (稀釋 500 倍)	1	33	1 天	11
j. 紅藜殼(稀釋 500 倍)	2	67	1 天	8
k. 橘子皮 (稀釋 500 倍)	2	67	1 天	8
ck. 對照組 (純水 2ml)	0	0	>2 天	12

註：致死率= $\frac{\text{死亡隻數}}{\text{實驗隻數(三重複)}} \times 100\%$



圖 36. 木醋液及蟑螂致死情形



圖 37. 椰子油起泡劑及蟑螂致死情形

七、研究目的 7：探討植物性粉末煙燻對美洲蟑螂的防治效果

由表 8 得知：殺蟑所需時間比較澳洲茶樹枝（曝曬）（圖 38）煙霧處理僅需 48 分讓美洲蟑螂翻肚死亡，效果極佳，其次依序為柚子外果皮（曝曬）（圖 39）1 小時 22 分、柚子

外果皮（凍乾） 1 小時 44 分，柚子中果皮（曝曬乾燥） 處理者 3 小時 46 分效果最差，較不推薦。

表 8. 測定各種處理方式取得之茶樹及柚子不同部位粉末滅除美洲蟑螂效果比較

項次	種類	開始		結束		蟑螂動態	滅蟑強度 ^註
1	柚子中果皮 (曝曬乾燥)	107/2/8	13:20	107/2/7	17:06	蟑螂掙扎，爬行，無力，而後翻肚，最後花了近四個小時	2 級
2	柚子外果皮 (凍乾)	107/2/8	10:07	107/2/8	11:51	實驗約 1 個小時 44 分時立即翻肚，呈致死狀態	4 級 (較中果皮強)
3	澳洲茶樹葉 (曝曬)	107/2/9	10:36	107/2/9	12:09	花了 2 小時 33 分才燻昏致死效果較不理想	3 級
4	柚子外果皮 (曝曬)	107/2/7	14:30	107/2/7	15:52	花了 1 小時 22 分鐘燻死 蟑螂效果尚可	4 級
5	澳洲茶樹葉 (凍乾)	107/2/21	16:00	107/2/21	18:12	花了 2 個多小時才燻昏 蟑螂，極不推薦	2 級
6	澳洲茶樹樹 枝(曝曬)	107/3/1	14:53	107/3/1	15:41	花不到一小時就完成任 務，滅蟑效果極強	5 級

註：滅蟑能力強度概分為 1~5 級，1 級活力佳，5 級死亡



圖 38. 澳洲茶樹枝（曝曬）煙霧蟑螂致死

圖 39. 柚子外果皮（曝曬）煙霧蟑螂致死

八、研究目的 8：探討三種蟑螂在飢餓狀態取食廢棄物的差異

（一）第一次實驗結果（表 9）

截至 107.6.12 日止，杜比亞蟑螂取食包括（圖 40~圖 43）：不織布、泡棉和 PE 塑膠袋等廢棄物組，存活天數已超過 132 天以上。

（二）第二次實驗結果（表 10）

美洲蟑螂（圖 44）取食乳膠手套的存活率為 66.7%，取食軟塑膠袋(PE)、硬塑膠袋(PP)的存活率為 0%，其餘存活率為 33.3%，死亡者存活天數較高者，分別為取食軟塑膠袋(PE)、硬塑膠袋(PP)、塑膠杯(PP+PE)，推測美洲蟑螂取食 PP 和 PE 雖可

拉長存活時間，但易造成死亡。

櫻桃紅蟻（圖 45）取食塑膠杯(PP+PE)的存活率為 66.7%，取食乳膠手套、寶特瓶(PET)、保麗龍(PS)、硬塑膠袋(PP) 的存活率為 0%，其餘存活率為 33.3%，其中取食塑膠杯(PP+PE)的存活天數達 17 天，推測櫻桃紅蟻可以消化死亡者塑膠杯(PP+PE)延長壽命。另外死亡者存活天數較高者，分別為取食塑膠盒(OPS)、寶特瓶(PET)、保麗龍(PS)。推測美洲螞蟻取食 PET 和 PS 雖可拉長存活時間，但易造成死亡。

杜比亞螞蟻（圖 46）取食軟塑膠袋(PE)的存活率為 66.7%，取食其他廢棄物的存活率為 100%，推測杜比亞取食軟塑膠袋(PE)易造成死亡，亦可能因為杜比亞螞蟻在缺少食物的環境中會進行休眠，故存活率較高，但觀察糞便和廢棄物咬痕，我們可以推論杜比亞螞蟻有取用廢棄物，延長壽命之現象可能（圖 47~圖 49）。

表 9. 螞蟻取食廢棄物實驗（第一次，總實驗日數：132 天）

廢棄物種類	螞蟻種類	存活率(%)	死亡者存活天數(天)
保麗龍	櫻桃紅	0	75.0 ± 5.2
	杜比亞	0	48.0 ± 30.1
PE 塑膠袋	櫻桃紅	0	54.0 ± 15.6
	杜比亞	33.3	42.0 ± 41.0
泡棉	櫻桃紅	0	61.0 ± 3.5
	杜比亞	33.3	61.0 ± 28.3
紙板	櫻桃紅	0	54.3 ± 23.2
	杜比亞	0	70.7 ± 47.9
不織布	櫻桃紅	0	58.3 ± 53.7
	杜比亞	66.7	34.0 ± 0
紙袋	櫻桃紅	0	62.3 ± 19.0
	杜比亞	0	46.3 ± 32.3

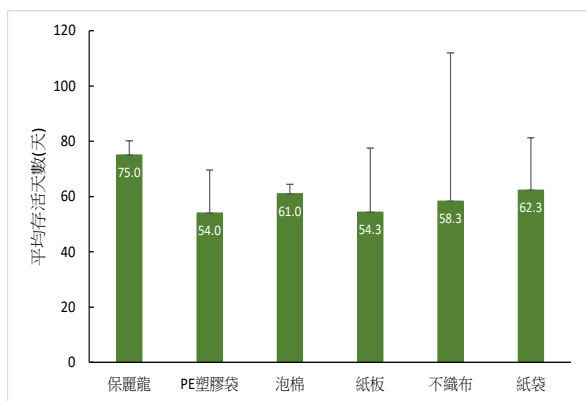


圖 40. 櫻桃紅蟻取食廢棄物第一次實驗

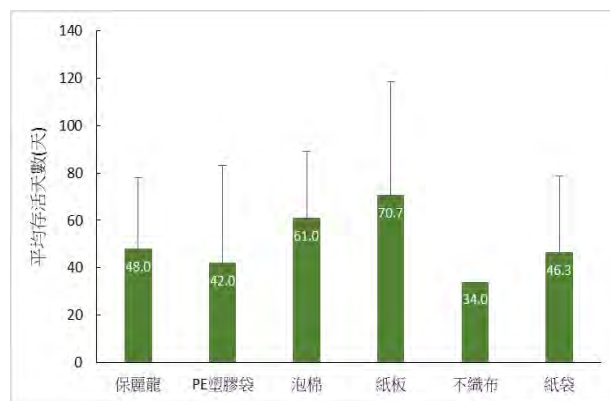


圖 41. 杜比亞螞蟻取食廢棄物第一次實驗



圖 42. 櫻桃紅蟻取食不織布(J1)存活 75 天

箭頭處為取食咬痕



圖 43. 杜比亞蟻取食 PE 塑膠袋(C1)存活 132 天以上

箭頭處為取食破洞

表 10. 蟻螂取食廢棄物實驗（第二次，總實驗日數 25 天）

廢棄物種類	蟻螂種類	存活率(%)	死亡者存活天數(天)
乳膠手套	美洲	66.7	14.0 ± 0.0
	櫻桃紅	0.0	14.3 ± 2.5
	杜比亞	100.0	-
寶特瓶 (PET)	美洲	33.3	17.5 ± 0.7
	櫻桃紅	0.0	18.3 ± 2.3
	杜比亞	100.0	-
保麗龍 (PS)	美洲	33.3	16.0 ± 1.4
	櫻桃紅	0.0	17.0 ± 5.0
	杜比亞	100.0	-
軟塑膠袋 (PE)	美洲	0.0	17.7 ± 3.2
	櫻桃紅	33.3	13.0 ± 1.4
	杜比亞	66.7	22.0 ± 0.0
塑膠盒 (OPS)	美洲	33.3	9.0 ± 0.0
	櫻桃紅	33.3	18.0 ± 1.4
	杜比亞	100.0	-
塑膠杯 (PP+PE)	美洲	33.3	18.5 ± 6.4
	櫻桃紅	66.7	17.0 ± 0.0
	杜比亞	100.0	-
硬塑膠袋 (PP)	美洲	0.0	19.0 ± 3.5
	櫻桃紅	0.0	16.3 ± 3.1
	杜比亞	100.0	-

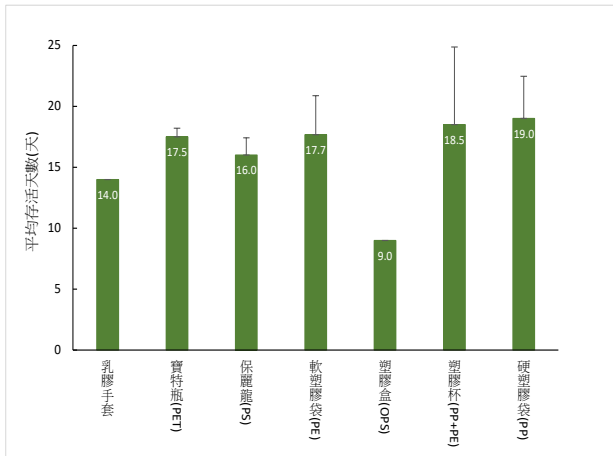


圖 44. 美洲蟑螂取食廢棄物實驗

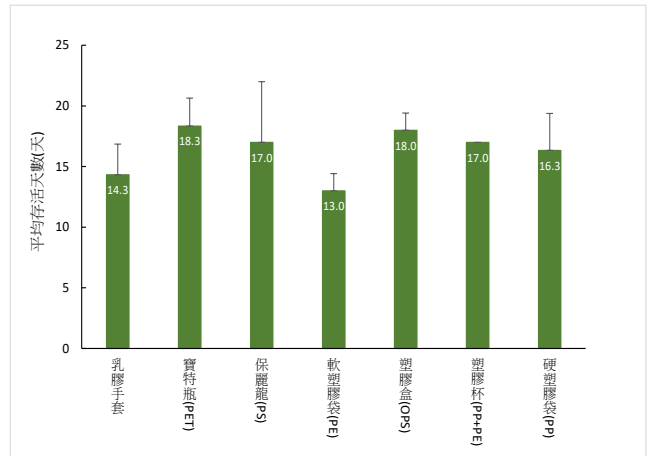


圖 45. 櫻桃紅蟑螂取食廢棄物實驗(第二次)

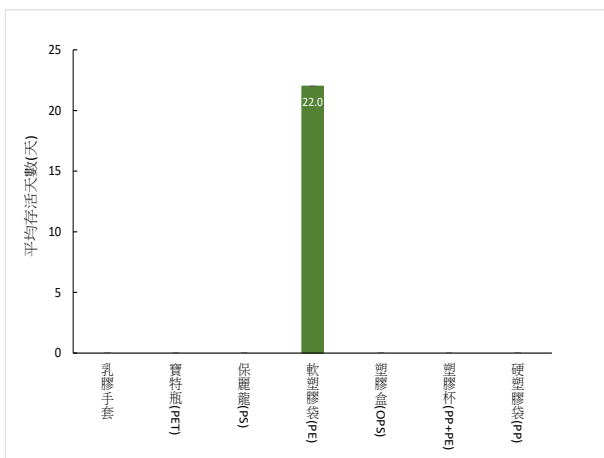


圖 46. 杜比亞蟑螂取食廢棄物實驗 (第二次)
除軟塑膠袋外, 其餘均仍存活

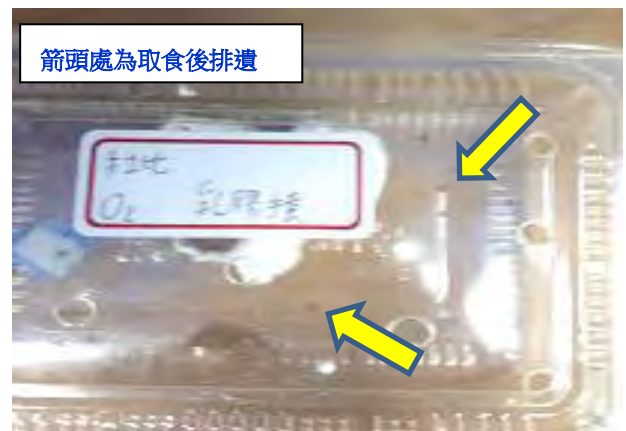


圖 47. 杜比亞蟑螂取食廢棄物乳膠後產生排遺

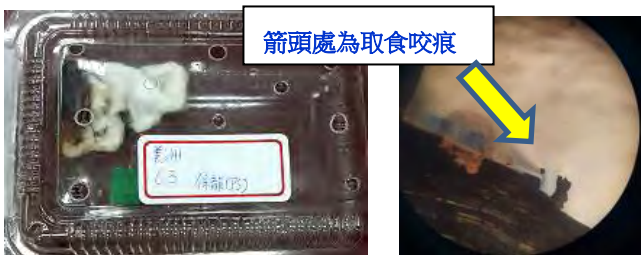


圖 48. 美洲蟑螂取食保麗龍咬痕

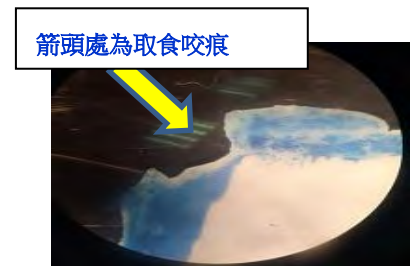


圖 49. 櫻桃紅蟑螂取食乳膠咬痕

陸、討論

一、研究目的 1：探討三種蟑螂的色光偏好差異

美洲蟑螂和杜比亞蟑螂在紅光搭配藍光或綠光時，反應率較其他組高，我們認為這是這兩種蟑螂易因紅光引發趨向行為，選擇時也偏好紅光。櫻桃紅蟑則是黃光搭配藍光和綠光時的反應率較大，選擇時也偏好黃光，所以我們推測櫻桃紅蟑易因黃光引發趨性，但在黃-紅組可以發現櫻桃紅蟑仍稍偏好紅光（選擇係數-0.13）。

如果以黑暗作為蟑螂偏好的基準來看，杜比亞蟑螂在紅藍、紅綠組的反應率高於黑暗組，選擇時也偏好紅光，所以紅光能促進杜比亞蟑螂正趨向行為。

基於考量選擇係數和反應率，因此我們選用紅光作為方便觀察後續實驗的色光，以及研究 4 製作毒餌實驗裝置。

二、研究目的 2：探討三種蟑螂的氣味偏好差異

綜合選擇係數和反應率來看，我們認為反應率高（ $\geq 60\%$ ）、選擇係數 > 0 者，代表蟑螂能感受到此類氣味並表現正趨向行為；選擇係數 < 0 者，代表蟑螂能感受到此類氣味並表現負趨向行為，或是較偏好水而已；選擇係數 $= 0$ 者，代表蟑螂對此類氣味和水的偏好相近。反應率低（ $< 60\%$ ）、選擇係數 > 0 者，代表兩邊氣味無法引起明顯的趨向反應，但前類氣味仍有稍強正趨向效果；選擇係數 < 0 者，代表兩邊氣味無法引起明顯的趨向反應，但前類氣味仍有稍強負趨向效果，或是稍偏好水而已；選擇係數 $= 0$ 者，代表蟑螂對此類氣味和水的偏好相近，但較無明顯趨向行為，由於飼養過程僅去除食物仍有供應水，所以我們認為可以排除本實驗中的趨向行為是因為偏好水。

從味道類來看（表 11），美洲蟑螂對於甜味、辣味、鹹味有明顯正趨向行為，苦味有明顯負趨向行為，酸味有較不明顯的負趨向行為。櫻桃紅蟑對於甜味、酸味、苦味、鹹味、辣味有明顯的負趨向行為。杜比亞蟑螂對於酸味、甜味、鹹味有較明顯的負趨向的行為，苦味和辣味有較不明顯的負趨向行為。

從養分類來看（表 12），水和葡萄糖組是測試美洲蟑螂對葡萄糖的氣味偏好，因為飼養過程均有餵食水分，所以蟑螂理論上不會特別趨向水分，但實驗結果顯示三種蟑螂皆正趨向水，代表單醣（葡萄糖）的氣味無法引發正趨向行為，所以我們認為可以作為之後實驗組別的對照組。但是葡萄糖是蟑螂所需養分，蟑螂卻沒有表現正趨向行為，我們推測是因為葡萄糖溶於水後的氣味發散可能較不明顯。

表 11. 三種蟑螂的氣味（味道類）選擇分析

選擇係數	反應率高 (≥60%)			反應率低 (<60%)		
	美洲蟑螂	櫻桃紅蟑	杜比亞蟑	美洲蟑螂	櫻桃紅蟑	杜比亞蟑
>0	二級砂 糖、辣 椒、鹽	無	無	苦瓜汁	無	無
=0	無	無	無	無	無	無
<0	無	醋、二級 砂糖、苦 瓜汁、辣 椒、鹽	醋、二級 砂糖、鹽	醋	無	苦瓜汁、 辣椒

表 12. 三種蟑螂的氣味（養分類）選擇分析

選擇係數	反應率高 (≥60%)			反應率低 (<60%)		
	美洲蟑螂	櫻桃紅蟑	杜比亞蟑	美洲蟑螂	櫻桃紅蟑	杜比亞蟑
>0	水、澱粉	水、澱粉、 蔗糖、沙拉 油	無	沙拉油	無	水、蔗糖
=0	無	無	無	蛋黃、豬油	無	蛋白、黃 豆、豬油、 沙拉油
<0	蔗糖、黃豆	蛋白、豬 油、黃豆	無	無	無	澱粉

美洲蟑螂對於多醣類（澱粉）有明顯正趨向行為，對植物性油脂（沙拉油）有較不明顯的正趨向行為，對於雙醣類（蔗糖）、植物性蛋白質（黃豆）有明顯的負趨向行為，對於動物性蛋白質（蛋白）、動物性油脂（豬油）則沒有明顯趨向行為。

櫻桃紅蟑對於多醣類（澱粉）、雙醣類（蔗糖）、植物性油脂（沙拉油）有較明顯的正趨向行為，對於動物性蛋白質（蛋白）、動物性油脂（豬油）、植物性蛋白質（黃豆）有明顯的負趨向行為。

杜比亞蟑螂對於雙醣類（蔗糖）有較不明顯的正趨向行為，對於多醣類（澱粉）有較不明顯負趨向行為，對於動物性蛋白質（蛋白）、植物性蛋白質（黃豆）、動物性油脂（豬油）、植物性油脂（沙拉油）則沒有明顯趨向行為。

對照前人研究蟑螂是雜食性昆蟲，食物種類非常廣泛，蟑螂有嗜食油脂的習性，故又稱

為「偷油婆」，在食糖中，紅糖、飴糖對它們的引誘力最強。從上述結果，我們選擇使用澱粉作為研究 4：美洲蟑螂毒餌實驗的誘引物。

櫻桃紅蟑的反應率高，可能其對氣味反應較強，對照色光選擇來看，櫻桃紅蟑偏向黃光，代表櫻桃紅蟑是視覺和嗅覺上與其他兩種蟑螂有較大差異。

三、研究目的 3：探討三種蟑螂的飢餓忍受度差異

美洲蟑螂飢餓忍受度最差，我們推測原因是因為美洲蟑螂龐大的體型導致其消耗能量的速度較快，反之推論櫻桃紅蟑及杜比亞蟑螂因為體型嬌小，活動量較小，能量消耗慢，可以存活較久。

另外，美洲蟑螂不斷在飼養箱內進行移動等加速消耗能量，櫻桃紅蟑則只有當飼養箱搖動時才會來回走動，杜比亞蟑螂則幾乎進入一種類似「休眠」的狀況，動也不動，需要極為劇烈的搖動飼養箱才緩緩活動，以確保能盡量減少能量消耗。

根據文獻美洲蟑螂可以只靠消耗體內的養分（包括脂肪），三個月不吃東西；同時，也能忍受一個月不喝水。甚至有蟑螂在 48 小時的冷凍後，還能存活！這麼堅韌的生命力，大概是牠可以在地球生存超過三億五千萬年的原因！故蟑螂防治的應先以環境衛生的方法，限制蟑螂的生存條件，必須把所有的有機物澈底收拾乾淨，讓蟑螂找不到食物、飲水可以吃喝。

四、研究目的 4：探討植物性滅蟑餌劑對美洲蟑螂的防治效果

本研究的毒餌劑量是以常用的滅蟑藥硼酸使用比例為參考，配製各項植物性毒餌比例，所以在毒物劑量上可能會低於純物質的硼酸，因此除了觀察毒餌的致死率之外，我們也針對存活蟑螂進行翻正反射測試。翻正反射為蟑螂所表現的本能行為之一，若毒餌劑量不足以致死，也有可能影響蟑螂健康，導致本能行為異常。研究結果顯示紅藜殼、苦茶粕和菸草均有影響翻正反射的效果，所以我們認為未來實驗，可以加強探討此三种植物性毒餌的不同劑量上效果差異，達到有效毒殺蟑螂的目的。

五、研究目的 5：探討香草植物氣味對美洲蟑螂的忌避效果

由新鮮香草植物整體分析：一分鐘內香茅忌避性效果最佳，隨著放置時間加長，除了香椿效果降低，其餘香草大多持續忌避效果，並使蟑螂更加遠離，其中檸檬香蜂草的忌避距離最遠，而九層塔雖然一開始的忌避效果不明顯，但放置時間久效果漸增強，與對照組相比，又趣的是~新鮮九層塔(花)非但沒有明顯忌避性效果，反而成為美洲蟑螂食物。

乾燥香草植物整體分析：一分鐘內九層塔（花、莖葉）效果最佳(與民間推薦方，隨著放置時間加長，大多數香草持續忌避性效果不明顯，香椿、檸檬香蜂、薄荷、左手香、打拋葉甚至造成反向效果。與對照組相比，乾燥錫蘭肉桂、乾燥香椿、乾燥薄荷、乾燥打拋葉、乾燥左手香、乾燥天竺葵均沒有明顯忌避性效果。

六、研究目的 6：探討環保滅蟑噴劑對美洲蟑螂的防治效果

觀察自製各種天然滅除美洲蟑螂噴劑實驗中，去漬油（有機溶劑）雖然效果第 1，僅需

1.56 分即可致死，但並不環保，其他效果甚佳者包括：**木醋液**乃由接觸作用而達到驅離昆蟲效果，但坊間未用來滅蟑。**椰子油起泡劑**則因富含植物性皂素，可破壞油脂的介面，與昆蟲直接接觸後，會將蟑螂腹部的呼吸孔堵塞，使蟑螂窒息死亡。**苦楝油**在農業殺蟲方面，不是將蟲殺死，而是讓蟲吃了樹葉之後失去食慾，因而餓死，也會阻止蟲子的生殖力。至於**菸草粉**所含尼古丁大部分**身體柔軟的昆蟲**接觸後，會產生痙攣現象而被殺死。**矽藻土**本身的突刺會刺穿牠的蠟膜及外皮，造成昆蟲的體液外流、喪失太多水份不治死亡。上述這些非化學性物質向來被慣行防治農業上害蟲（如蚜蟲、介殼蟲、蟎類、甲蟲、蝗蟲、飛蠅類、薊馬等等），**經嘗試被應用來防治蜚蠊目~蟑螂卻有相當效果，為本研究之重大發現。**

七、研究目的 7：探討植物性粉末煙燻對美洲蟑螂的防治效果

本研究構想乃針對坊間一般常用之水蒸式、氣霧式滅蟑劑，常添加農藥性、化學性(如：賽酚寧(Cyphenothrin)、協力克(MGK-264).. 等毒物，且在施放水煙式殺蟲後整個房子迅速充滿煙霧（毒氣），對人畜都容易造成毒害，因此在取材選擇澳洲茶樹及柚子皮不同部位製成粉末，雖不至於如噴劑快速有效，但適用於無法直接噴灑、且須大量撲殺的狀況，此時若使用**澳洲茶樹枝（曝曬）粉末及柚子外果皮（曝曬）粉末煙燻處理效果極佳，亦值得推廣。**

八、研究目的 8：探討三種蟑螂在飢餓狀態取食廢棄物的差異

本研究重要發現：飼料杜比亞蟑螂取食包括：不織布、泡棉和 PE 塑膠袋等廢棄物處理，存活天數均已超過 132 天以上(現仍存活)，此項目較少有人研究探討。推論蟑螂在食物短缺時，有取食廢棄物（含有養分或可以消化的有機化合物）的可能性，來延長蟑螂壽命，並且對固體廢棄物之再利用及環保處理上，對環境保護具有相當大的貢獻。

九、未來展望

- (一)本研究因秋末冬初開始進行，取得之蟑螂種類受限，未來可進一步研究居家常見之澳洲蜚蠊、棕帶蜚蠊和德國蜚蠊...等對象了解相關屬性是否相同。
- (二)本組受限於實驗儀器、器材及實驗時間不足影響，無法更深入解剖了解廢棄物取食實驗之最直接消化道生理證據，未來希望能商借實驗儀器，以便檢測蟑螂體內是否有食用廢棄物消化後之殘渣。
- (三)使用生理解剖來進行進一步了解蟑螂飢餓忍受度下，體內脂肪是否消耗快速，以便驗證其耐活度佳之原因。
- (四)研究 1 進行探討蟑螂在不同色光研究時，可以改用不同波長 Led 燈之操作變因進行測試，進行動態觀察實驗，應更縝密選擇，使實驗資料更完整，更具說服力。
- (五)研究 2 不同氣味測試可以改變操作變因，探討不同距離氣味影響蟑螂誘引程度差異。
- (六)研究 4 製作滅蟑餌劑時，**紅藜殼、苦茶粕和菸草等效果甚佳者**，可進一步**實驗不同濃度時**，再仔細觀察其致死率及活動力狀態，是否可以更加精確提昇致毒有效性，但非連鎖性反應，來趕盡殺絕，以確保蟑螂在生態系中食物網之重要地位。
- (七)對於研究 5 測定各種香料植物產生之氣味對蟑螂之忌避性實驗觀察，我們宜選擇可能具有環保藥效滅蟑之植物萃取物，再進一步細分不同部位影響，如老葉、幼葉、花、

或只保留莖的部位進行更加多元化的實驗。

(八)研究 5 中驅蟲香草植物環保材料，可再直接延伸運用來做成粉末、精油和誘餌..等形式，以深入探討環保藥劑的成份和類型。

(九)另外除了香料植物外，或許尚有許多天然而環保素材，諸如：無患子之皂素、蘇打、藥草、特殊氣味植物、硫磺、尿酸、蘇打、果膠或柑桔類水果之萃取物..等；或以自製滅蟑寶特瓶容器，讓平常居家的害蟲~蟑螂可以有效防治或滅除，使環境更潔淨更環保。

柒、結論

本研究目的乃期望從蟑螂認識基本特徵、各項習性、進而深入了解各種條件、逆境抗性及各種自製環保滅(驅)蟑防治方法之研發選擇。

在色光偏好方面，三種蟑螂皆有負趨光性，對紅光的趨向行為較強，櫻桃紅蟑對黃光也有較強趨向行為。

在氣味偏好方面，美洲蟑螂對於甜味、辣味、鹹味有明顯正趨向行為。但櫻桃紅蟑對於甜味、酸味、苦味、鹹味、辣味有明顯的負趨向行為。杜比亞蟑螂對於酸味、甜味、鹹味也有較明顯的負趨向的行為。

由本研究重要發現，舉凡：紅藜殼、苦茶粕和菸草等製成毒餌，而木醋液、椰子油起泡劑、苦楝油、菸草粉等調製成噴劑，另外澳洲茶樹枝（曝曬）粉末及柚子外果皮（曝曬）粉末煙燻氣霧式處理滅蟑，均達到有效驅逐或滅殺蟑螂的目的。

在廢棄物利用方面，杜比亞蟑螂取食包括：不織布、泡棉和 PE 塑膠袋等廢棄物處理，已超過 132 天以上至今(107.6.15)仍存活，具有相當驚人的生命力。

捌、參考資料及其他

1. 黃彥勛（2012）• 毒餌對棕帶蟑螂之防治效能（碩士論文）• 國立中興大學• 臺中市。
2. 蔡佩真（2008）• 棕帶蜚蠊聚集行為與植物精油對棕帶蜚蠊的忌避效果（碩士論文）• 國立彰化師範大學• 彰化縣。
3. 馬丁、鞠瑞亭、李博（2015）• 土著昆蟲素毒蛾對入侵植物互花米草地理種群的選擇性 • 生物多样性，23 (1)，101 - 108。
4. 曹靖妤（2016）• 中樞神經節對美洲蟑螂步足反射的影響 • 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會報告書。
5. 李婕妤（2006）• 牠不髒，牠是我兄弟! • 取自：
<http://saoffice.adm.chu.edu.tw/ezfiles/86/1086/img/805/0011.doc>
6. 蕭淳云、郭宴慈、張貴欽（2013）• 我也是小強—櫻桃紅蟑的趨性與生存策略 • 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會報告書。
7. 張宸睿、林嘉偉、許家榮、張嘉哲（2009）• 探索蟑螂單、複眼在避光反應中的功能 • 中華民國第 49 屆中小學科學展覽會報告書。
8. 葉綠舒（2016）• 【繽紛生態】德國蟑螂體有「異香」的關鍵在腸內菌 • 取自：
<https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=23278>
9. 每日頭條（2017）• 蟑螂繁殖快嗎？ • 取自：<https://kknews.cc/zh-tw/news/92qrg3l.html>
10. 自由時報電子報（2013）• 躲殺蟑藥 蟑螂進化不吃糖 • 取自：
<http://news.ltn.com.tw/news/world/paper/682308>
11. 康健〈2016〉• 「防蚊植物」怎麼選？再教你自製防蚊液 • 取自：
<http://www.commonhealth.com.tw/blog/blogTopic.action?nid=1681>
12. 何孟霓、李忻〈2011〉• 蜚腸知味—探討不同味覺刺激對美洲蟑螂口器與前腸活性的影響 • 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會報告書
13. 中文生命科學界資訊站（2013）• 為了生存，蟑螂戒掉了甜食 • 取自：
<http://www.bio360.net/news/show/5490.html>
14. 分享樂（2017）• 8 種天然驅蚊植物 認識它夏天安心了! • 取自：
https://news.easycamp.com.tw/km/km_doc/2773

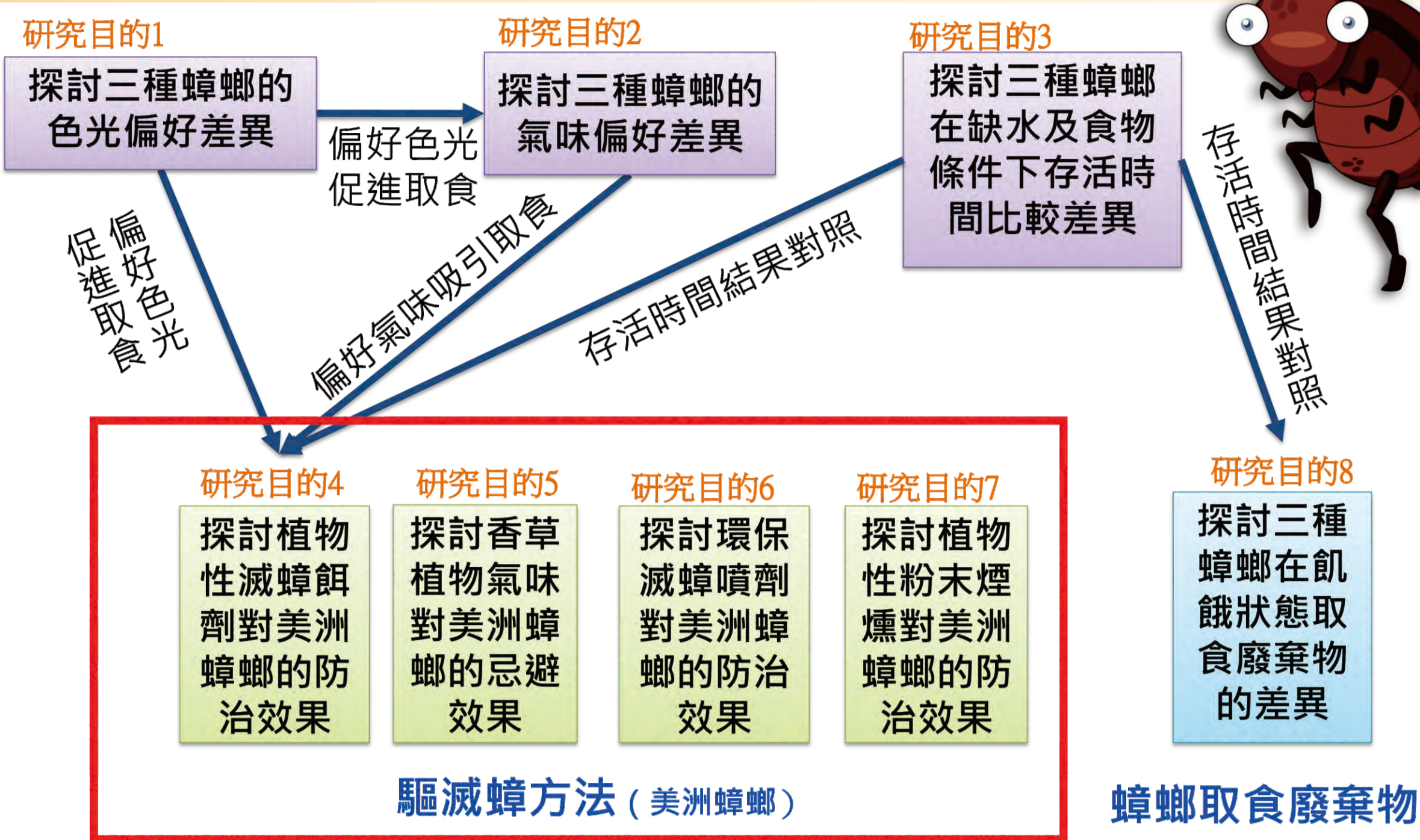
【評語】 030321

1. 此研究主題與科學研究的方法能妥善運用上課所學，適時參考前人的文獻資料。
2. 探討環保滅蟑噴劑對美洲蟑螂的防治效果，各種材料稀釋比例不一，變因難以掌控，恐怕影響實驗結果的精確度。
3. 此作品的研究目的清楚，然可再聚焦一些，對蟑螂的環保防治可能有些貢獻。
4. 本實驗著重在應用且又要防治，較難聚焦導致抓不到實驗重點。

壹、研究動機

在生物課中提過使用殺蟲劑，易讓害蟲演化出抗藥性，美國的研究團隊發現使用甜味餌誘捕蟑螂，造成其逐漸比較不愛甜味的行為。為了避免藥物殘留及抗藥性，我們想了解是否能以天然材料達到驅、滅蟑螂的效果。另外蟑螂是生態系的清除者，我們反過來思考，蟑螂是否可以處理目前難以處理的廢棄物呢？

貳、研究目的



參、研究器材

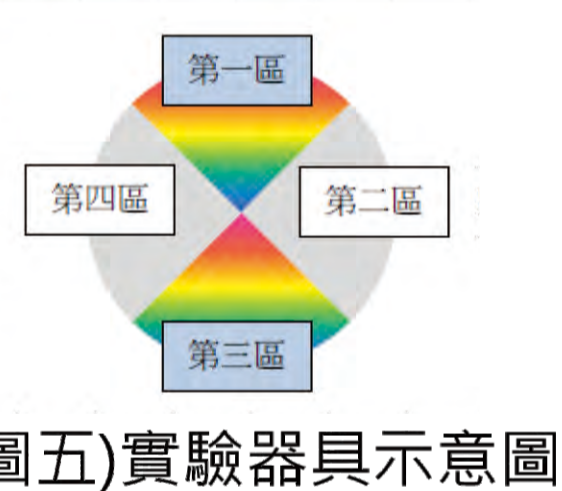
- 飼養器材：透明箱、昆蟲飼養箱、貓飼料、棉花、滴管
- 實驗器材：自製氣味實驗裝置、氣味實驗裝置用抽氣機、香草氣味忌避裝置、色光選擇裝置
- 研究樣本：各種食物、玻璃紙、香草植物、滅蟑材料和廢棄物

肆、研究方法

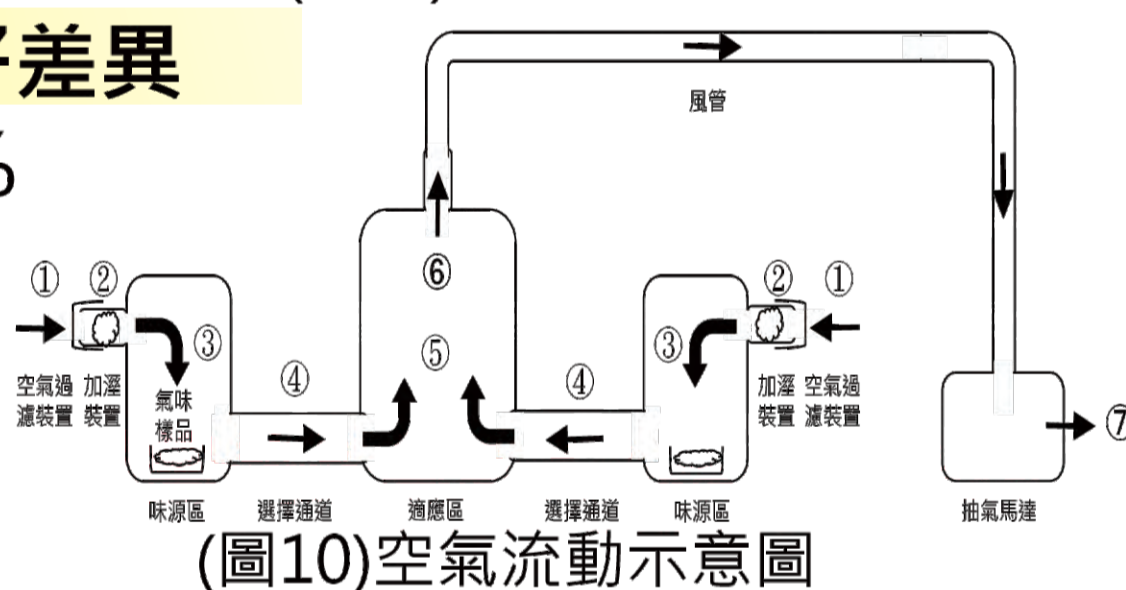
前言：我們使用的蟑螂種類
我們使用以下三種蟑螂來進行實驗（如表1）

表 1	美洲蟑螂	杜比亞蟑螂	櫻桃紅蟑
學名	<i>Periplaneta americana</i>	<i>Blattica dubia</i>	<i>Blatta lateralis</i>
簡介	原產於非洲。體長大約三點五公分，是常見的居家蟑螂，為本次研究的主角。	原產於南美洲，原是當作寵物，後多用於飼料。體長大約二公分。	原產於中亞到北非，多用於飼料之用途。體長大約二公分。
體態	翅膀呈棕色，前胸背板有兩塊黑斑	雌性和幼體棕色帶黑斑無翅，雄性有翅	雌性和幼體桃紅色無翅；雄性金黃色有翅
活體照片			

實驗一：探討三種蟑螂的色光偏好差異
我們製作裝置，將圓形分成4區（如圖5），產生不同色光效果進行比較。為防止實驗誤差，我們將亮度控制在400lux左右。



實驗二：探討三種蟑螂的氣味偏好差異
我們將待測物以重量百分濃度10%進行配置，並覆蓋紗網，避免蟑螂進食影響下個實驗。自製抽氣式選擇裝置促進裝置內空氣流動（如圖10），避免氣味混合。



實驗三：探討三種蟑螂在缺乏食物和水條件下的存活時間比較差異
取已禁食1周蟑螂各3隻，放置於透明盒中，不提供任何食物、水之條件下，長期觀察各種蟑螂之存活狀況。



實驗四：探討植物性滅蟑餌劑對美洲蟑螂的防治效果
利用小麥澱粉和水煮成漿糊狀，加入材料為實驗用餌劑，並在塑膠盒放進餌劑及水。兩週觀察結束後，測試存活蟑螂翻正反射動作，以瞭解毒餌的差異性。



實驗五：探討香草植物氣味對美洲蟑螂的忌避效果
我們選用有特殊氣味之香草植物（分為乾燥和新鮮，如圖14）。將待測試的物質置於容器內的中心，放入待測蟑螂，觀察蟑螂與材料間的距離。



實驗六：探討環保滅蟑噴劑對美洲蟑螂的防治效果
我們將待測物依照文獻或製造商所提供之比例調配，再把美洲蟑螂置放入燒杯中，並以各種噴劑噴壓約4ml至蟑螂體表，並進行觀察。



實驗七：探討植物性粉末煙燻對美洲蟑螂的防治效果
我們收集和製作澳洲茶樹粉及柚子皮粉（如圖18），以打火機點燃，放置在有局部通氣之壓克力箱中，再放入美洲蟑螂。



實驗八：探討三種蟑螂在飢餓狀態取食廢棄物的差異
在飼養盒中放入各式的廢棄物，並在蓋子上戳洞（如圖20），避免蟑螂窒息而死，放入禁食飢餓一週的蟑螂。



伍、研究成果

實驗一：探討三種蟑螂的色光偏好差異
美洲蟑螂及櫻桃紅蟑的色光選擇反應率較黑暗低，代表這兩種蟑螂對黑暗的偏好也大於各種色光組合；但是杜比亞蟑螂的色光選擇反應率有部份較黑暗高，顯示其對特定色光組合（紅-綠和紅-藍）反應效果大於黑暗組。色光選擇係數部分：
美洲蟑螂：紅光 > 黃光 > 綠光 > 藍光（如圖22）
櫻桃紅蟑：紅光 > 綠光 > 黃光 > 藍光（如圖24）
杜比亞蟑螂：紅光 > 黃光 > 藍光 > 綠光（如圖23）
註：選擇係數 = (前類色光蟑螂數量 - 後類色光蟑螂數) ÷ 總反應蟑螂數量

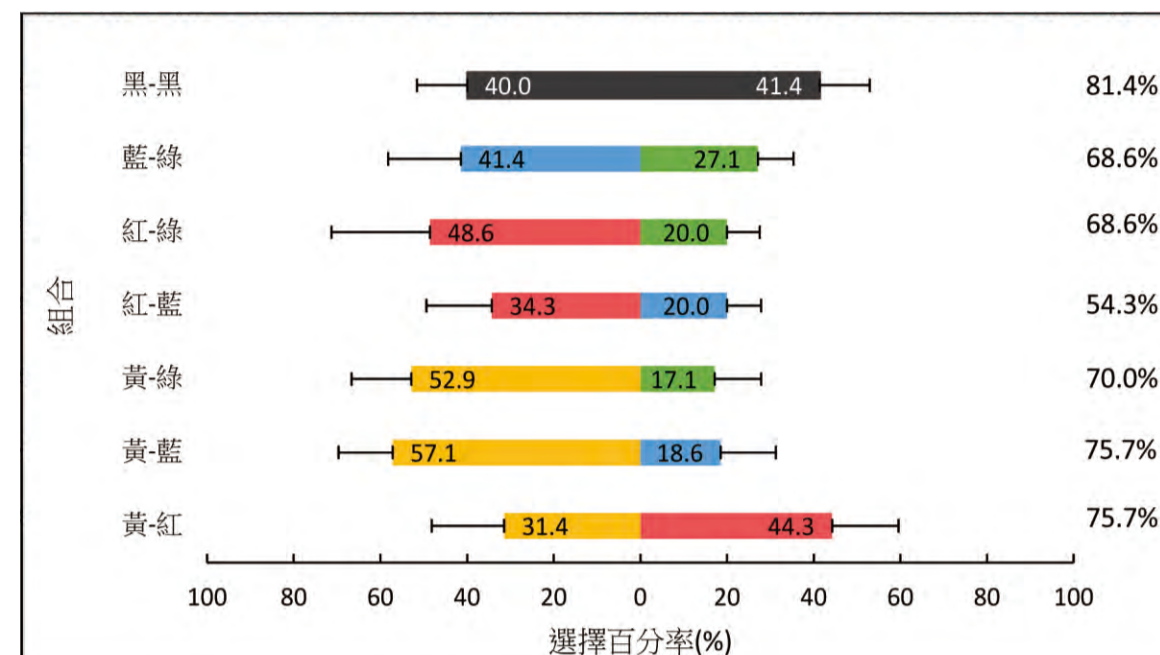
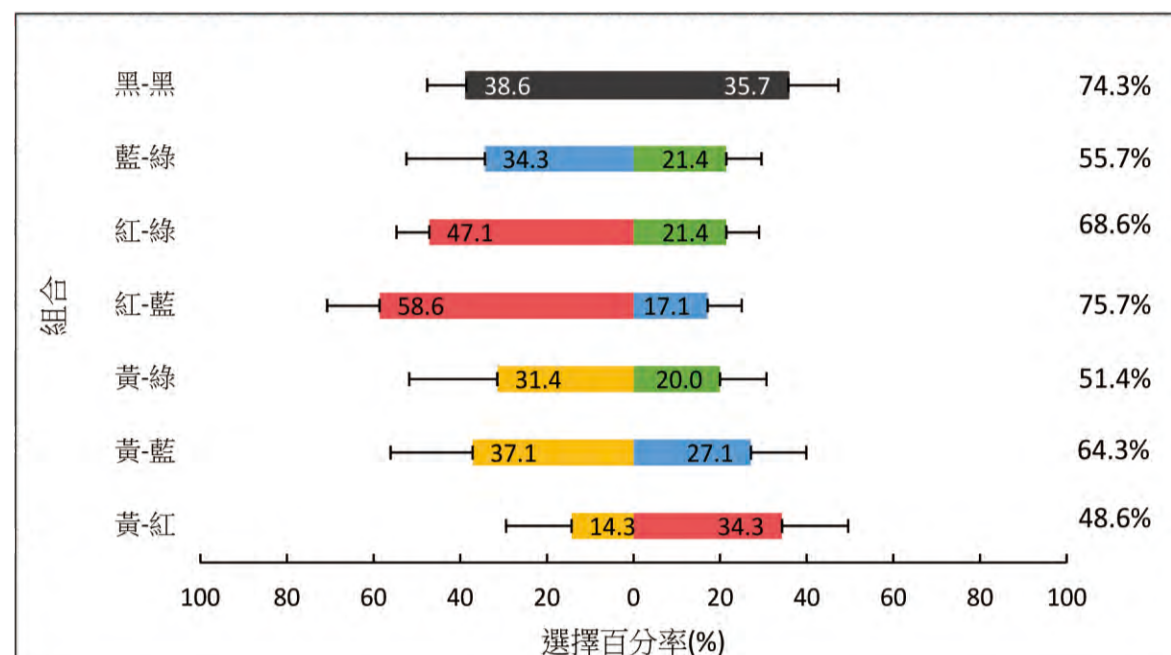


圖22 美洲蟑螂對不同色光組合的選擇反應

圖24 櫻桃紅蟑對不同色光組合的選擇反應

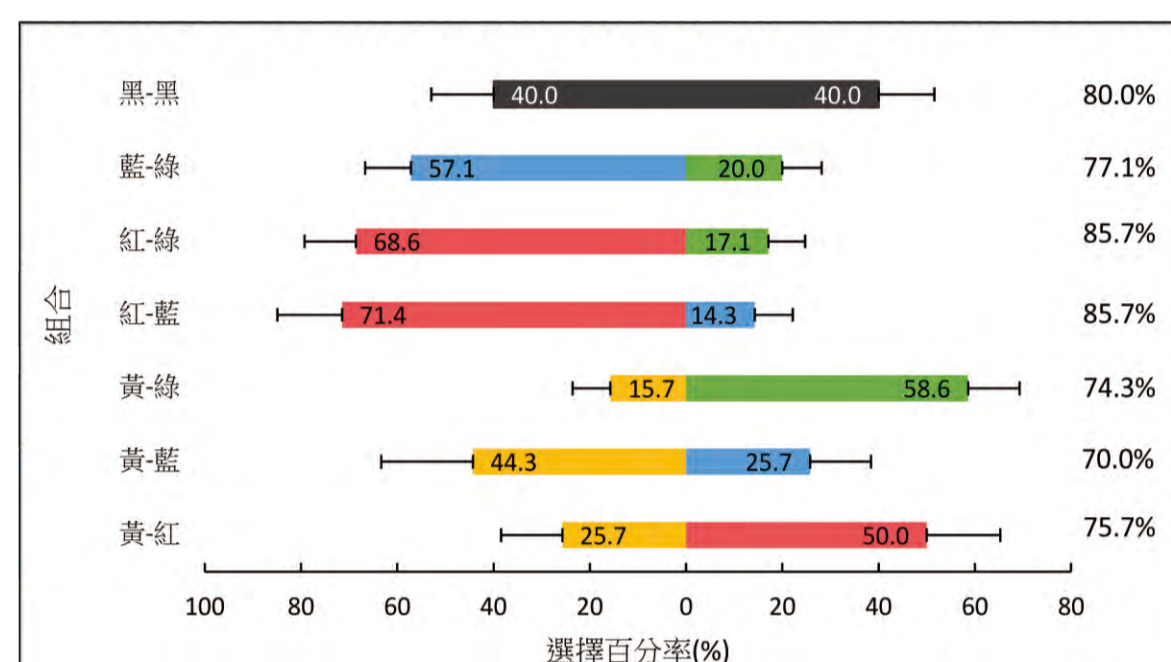


圖23 杜比亞蟑螂對不同色光組合的選擇反應



(補圖1)美洲蟑螂對紅光的反應

實驗二：探討三種蟑螂對不同食物類別氣味的偏好
杜比亞蟑螂的反應率較低，美洲蟑螂和櫻桃紅蟑的反應率則偏高。氣味類選擇係數部分：
美洲蟑螂：二級砂糖 > 鹽 > 苦瓜汁 > 辣椒 > 醋。（如圖25）
櫻桃紅蟑：對所有氣味皆無明顯偏好，其中醋、二級砂糖、辣椒完全不偏好。（如圖27）
杜比亞蟑螂：對所有氣味皆無明顯偏好，其中醋、二級砂糖、鹽完全不偏好。（如圖29）

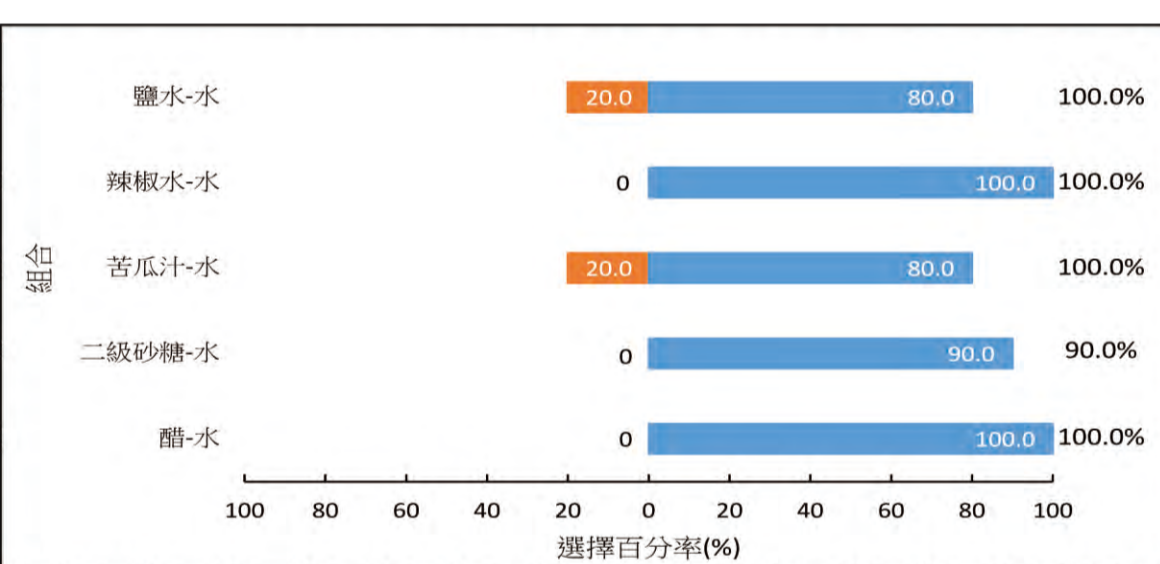
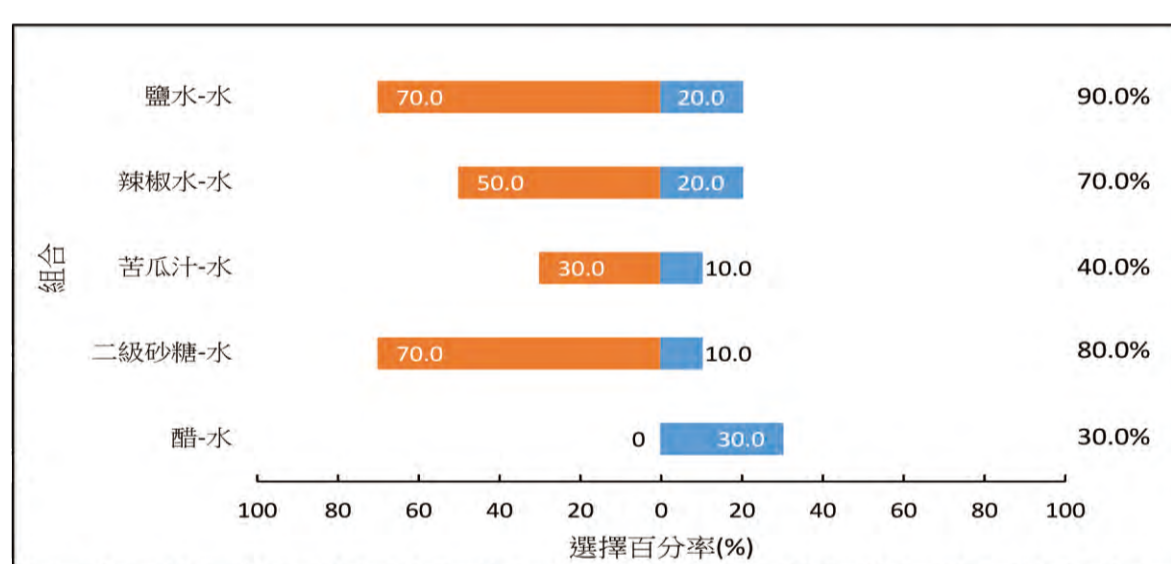


圖25 美洲蟑螂對不同味道類氣味組合的選擇反應

圖27 櫻桃紅蟑對不同味道類氣味組合的選擇反應

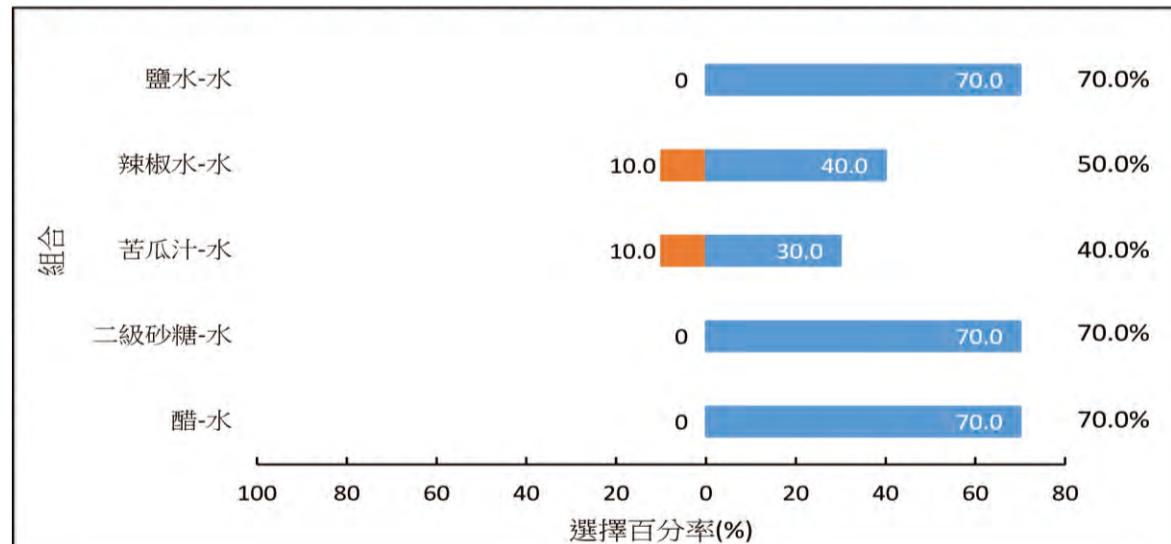


圖29 杜比亞蟑螂對不同味道類氣味組合的選擇反應



(補圖2)美洲蟑螂對醋的選擇極少

養分類選擇係數部分：
美洲蟑螂：水 > 澱粉 > 葡萄糖 = 蛋白 = 豬油 = 沙拉油 > 蔗糖 > 黃豆。（如圖26）
櫻桃紅蟑：水 > 澱粉 = 蔗糖 > 蛋白 = 黃豆 = 沙拉油 > 豬油。（如圖28）
杜比亞蟑螂：蔗糖 > 水 > 葡萄糖 = 蛋白 = 黃豆 = 沙拉油 = 豬油 > 澱粉。（如圖30）

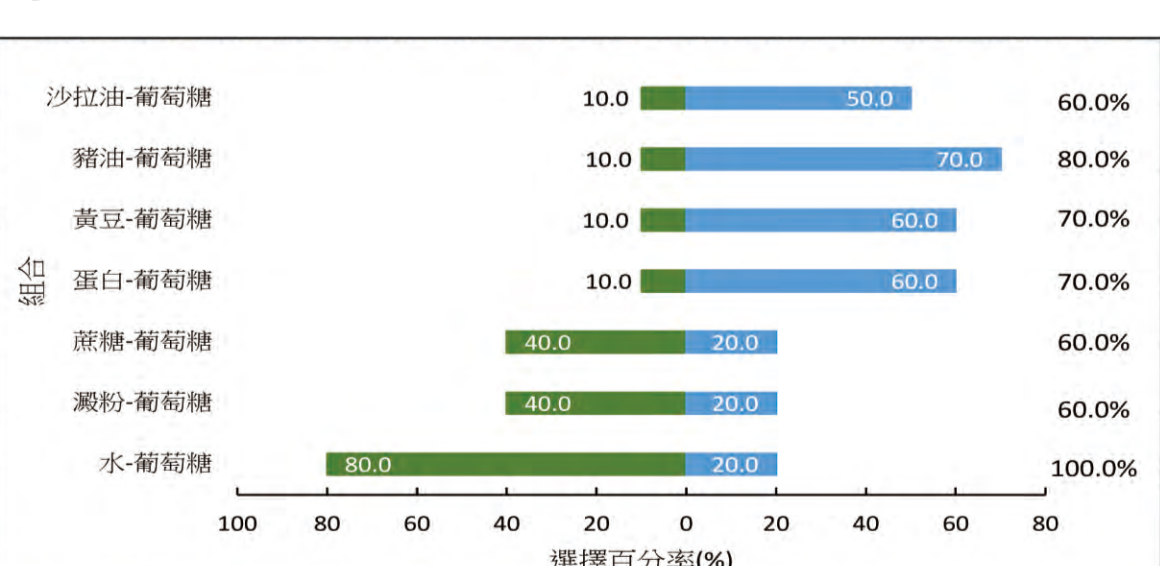
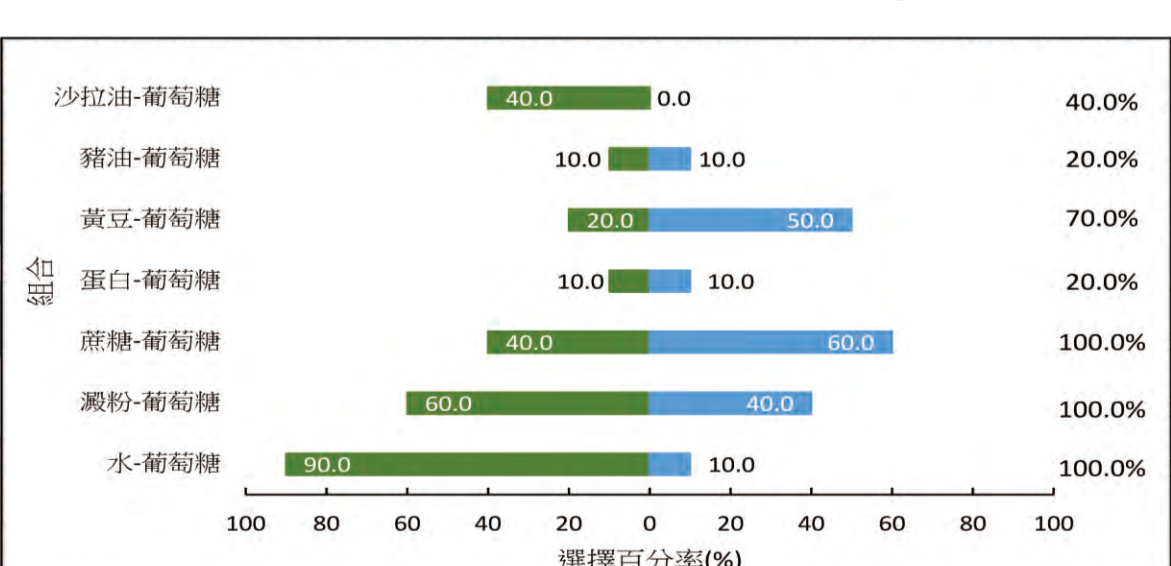


圖26 美洲蟑螂對不同養分氣味組合的選擇反應

圖28 櫻桃紅蟑對不同養分氣味組合的選擇反應

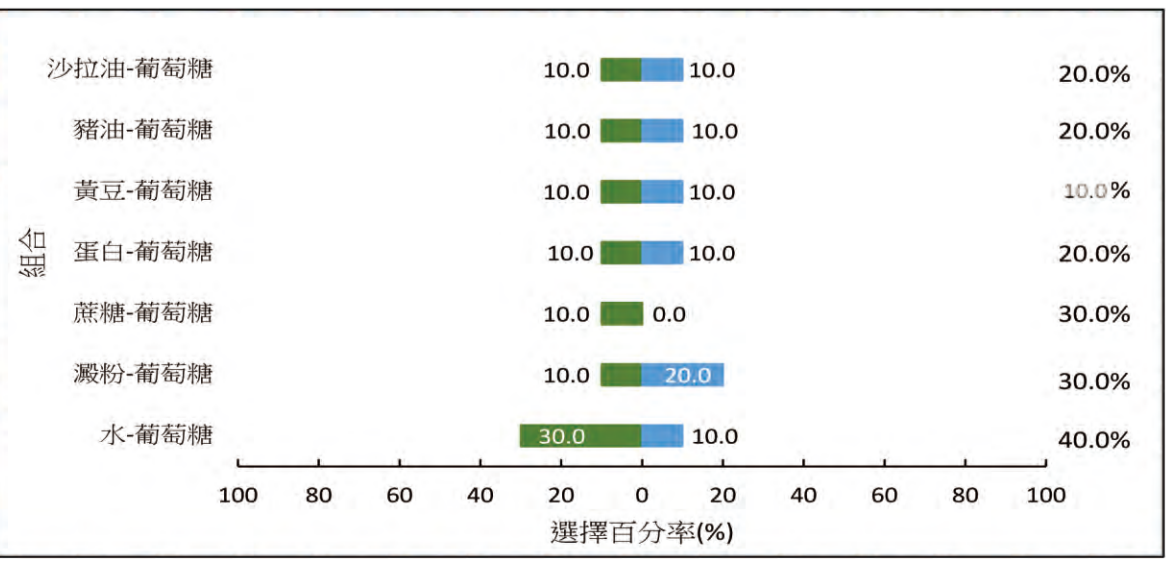


圖30 杜比亞蟑螂對不同養分氣味組合的選擇反應



(補圖3)美洲蟑螂對葡萄糖的選擇較多

(圖18)實驗用粉末和透明箱

實驗三：探討三種蟑螂在缺乏食物和水條件下的存活時間比較差異

蟑螂在缺乏水及食物的情況下（如表5），我們發現以**杜比亞蟑螂**活的^{最久}，平均存活時間長達56天，其中有個體甚至存活66天（如圖23），超過2個月；其次為**櫻桃紅蟑**，平均存活時間約1個月；而表現最差者是**美洲蟑螂**，平均存活時間僅約2星期，其中最^短的僅存活14天。

表5 編號	開始日期	死亡日期	存活天數	平均存活天數
美洲蟑螂1	2月8日	2月21日	14天	16天
美洲蟑螂2	2月8日	2月21日	14天	
美洲蟑螂3	2月8日	2月27日	20天	
櫻桃紅蟑1	2月8日	2月27日	20天	27天
櫻桃紅蟑2	2月8日	3月5日	26天	
櫻桃紅蟑3	2月8日	3月14日	35天	
杜比亞蟑螂1	2月8日	4月11日	63天	約56天
杜比亞蟑螂2	2月8日	3月19日	40天	
杜比亞蟑螂3	2月8日	4月14日	66天(最久)	

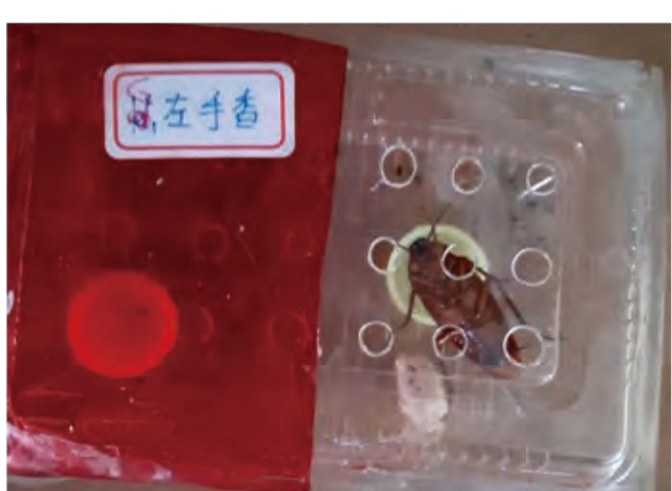


(圖23)杜比亞蟑螂(a3)存活最久，達66天

實驗四：探討植物性滅蟑餌劑對美洲蟑螂的防治效果

以致死率來看（如表6-1），各種植物性環保滅蟑餌劑中，明顯看出慣用的滅蟑物**硼酸**致死率最高，達到100%，且平均存活天數僅約5天；而效果其次者為**橘子皮**及**萬壽菊**致死率都有達33.3%。

表6-1 實驗組	致死率	死亡者平均存活天數
萬壽菊	33.3%	10天
紅藜殼	0.0%	-
苦茶粕	0.0%	-
菸草	0.0%	-
蘇力菌	0.0%	-
橘子皮	33.3%	7天
左手香	0.0%	-
硼酸	100.0%	5.3天
無添加	0.0%	-



(補圖4)左手香組(G1)依舊存活



(補圖5)硼酸組(H2) · 5月31日死亡 · 存活5天

以存活者的翻正反射來看（如表6-2），**紅藜殼**處理組翻正所需時間最久，達5.6秒以上，翻正成功率也最低，其次為**菸草**和**苦茶粕**，兩者均會使翻正所需時間拉長。

表6-2 組別	翻正所需時間(秒)	翻正成功率(%)
萬壽菊	1.0 ± 0.0	100 ± 0.0
紅藜殼	5.6 ± 8.0	90 ± 17.3
苦茶粕	1.2 ± 0.3	100 ± 0.0
菸草	1.4 ± 0.7	100 ± 0.0
蘇力菌	1.0 ± 0.0	100 ± 0.0
橘子外果皮	1.0 ± 0.0	100 ± 0.0
左手香	1.0 ± 0.0	100 ± 0.0
硼酸	-	-
無添加	1.0 ± 0.0	100 ± 0.0



(補圖6)苦茶粕組(C3)翻正測試中



(補圖7)橘子皮組(F2)翻正測試中

實驗五：探討香草植物氣味對美洲蟑螂的忌避效果

新鮮香草忌避實驗結果（如圖35）

第一分鐘：**香茅** > 艾草 > 胡椒木 > 薄荷 > 香椿

第五分鐘：**檸檬香蜂草** > 薄荷 > 香茅 > 胡椒木 > 艾草

五分鐘距離差：**九層塔(花)** > 九層塔(莖葉) > 檸檬香蜂草 > 對照組 > 薄荷 = 天竺葵

乾燥香草忌避實驗結果（如圖35）

第一分鐘：**九層塔(花)** > 九層塔(莖葉) > 檸檬香蜂草 > 香茅 > 打拋葉

第五分鐘：**九層塔(莖葉)** > 九層塔(花) > 檸檬香蜂草 > 香茅 > 胡椒木

五分鐘距離差：**對照組** > 艾草 > 九層塔(莖葉) > 胡椒木 > 九層塔(花)

註：五分鐘距離差 = 五分鐘距離 - 第一分鐘距離

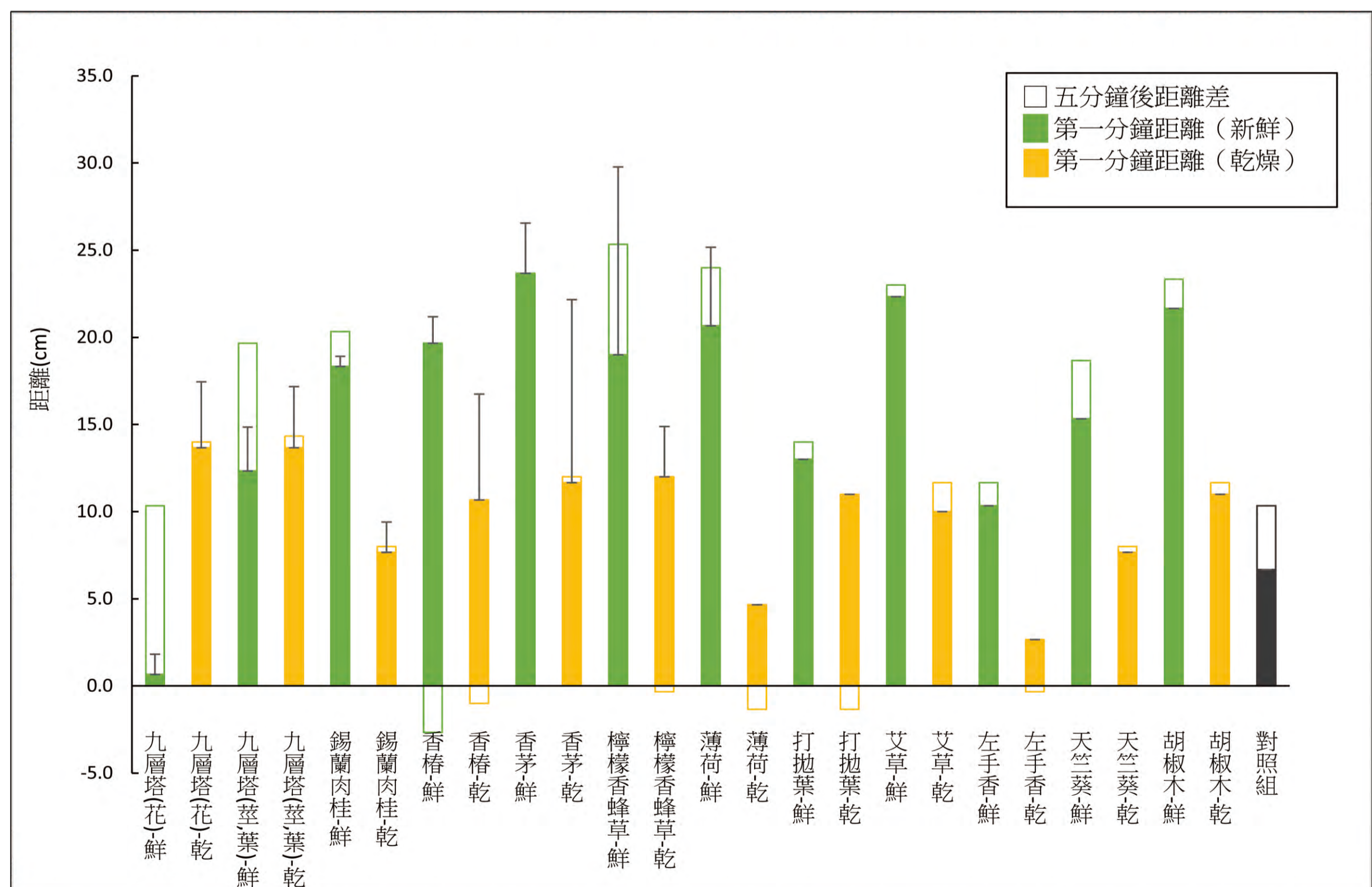


圖35 美洲蟑螂對香草植物的忌避性



(補圖8)美洲蟑螂對香草植物的忌避性實驗進行



(補圖9)香茅(Cymbopogon sp.)新鮮效果極佳



(補圖10)九層塔(Ocimum basilicum)乾燥效果佳

實驗六：探討環保滅蟑噴劑對美洲蟑螂的防治效果

各種天然滅除美洲蟑螂噴劑實驗中（如表7），**去漬油**雖然效果最佳，平均僅需1.56分即可致死，然而對人有害，其他效果甚佳者為**木醋液**（2.03分）、**椰子油起泡劑**（13.48分）、**苦楝油**（8.2小時）、**菸草粉**（16.1小時）和**苦茶粕**及**無患子液**（約1天內）。

註：致死率 = $\frac{\text{死亡隻數}}{\text{實驗隻數(三重複)}} \times 100\%$

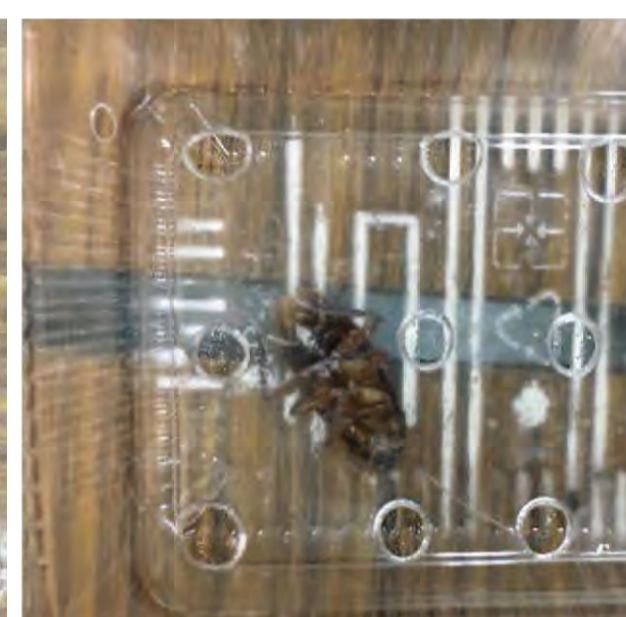
表7 代號~添加物	死亡數	致死率	平均存活時間
a. 椰子油起泡劑5%	3	100%	13.48分
b. 無患子液(稀釋150倍)	3	100%	1天
c. 苦楝油(稀釋200倍)	3	100%	8.2小時
d. 菸草 0.1%	3	100%	16.1小時
e. 矽藻土5%	2	67%	1天
f. 苦茶粕 10%	3	100%	1天
g. 去漬油(直接噴2ml)	3	100%	1.56分
h. 木醋液(直接噴4.5ml)	3	100%	2.03分
i. 蘇力菌(稀釋500倍)	1	33%	1天
j. 紅藜殼(稀釋500倍)	2	67%	1天
k. 橘子皮(稀釋500倍)	2	67%	1天
ck. 對照組(純水2ml)	0	0%	>2天



(圖36)木醋液殺蟑情況，當場立即見效



(圖37)椰子油起泡劑殺蟑情況，當場立即見效



(補圖11)矽藻土殺蟑情況，未立即見效



(補圖12)橘子皮殺蟑情況，未立即見效

實驗七：探討植物性粉末煙燻對美洲蟑螂的防治效果

各種粉末殺蟑所需時間比較發現（如表8），**曝曬澳洲茶樹枝煙霧**處理僅需48分讓美洲蟑螂翻肚死亡，效果極佳，其次依序為**曝曬橘子外果皮**、**凍乾橘子外果皮**，都在2個小時內便死亡。

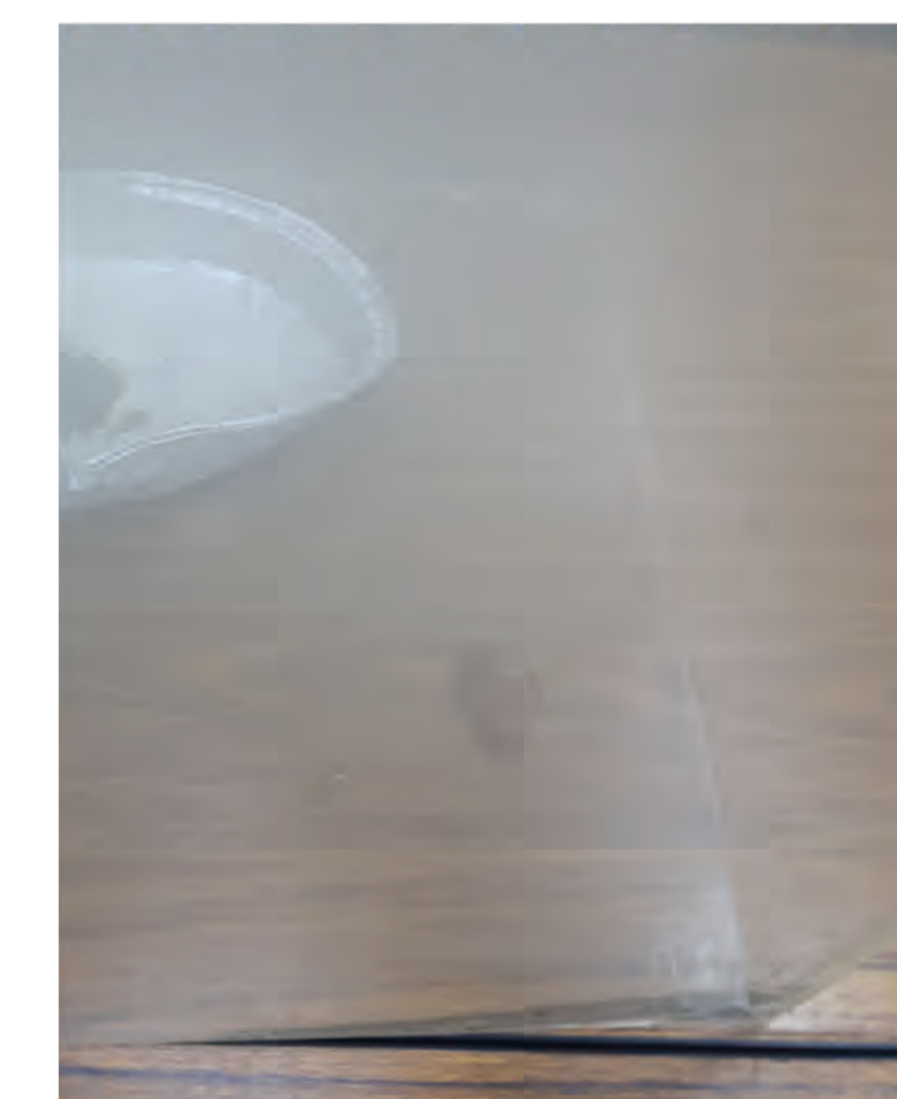
表8 組別	開始到結束時間	活動力	補表1 活動力等級	描述
柚子中果皮(曝曬)	3小時46分	2級	1級	活動力佳
柚子外果皮(凍乾)	1小時31分	4級	2級	2小時後僅昏迷
澳洲茶樹葉(曝曬)	1小時33分	3級	3級	2小時後死亡
柚子外果皮(曝曬)	1小時22分	4級	4級	1~2小時內死亡
澳洲茶樹葉(凍乾)	2小時12分	2級	5級	1小時內死亡
澳洲茶樹樹枝(曝曬)	0小時48分	5級		



(圖38)曝曬澳洲茶樹枝煙霧殺蟑



(圖39)曝曬橘子外果皮煙霧殺蟑



(補圖13)凍乾橘子外果皮煙霧殺蟑11

實驗八：探討三種蟑螂在飢餓狀態取食廢棄物的差異（第一次實驗）

櫻桃紅蟑部分（如表9-1），取食**保麗龍**組的平均存活天數最高。

杜比亞蟑螂部分（如表9-2），取食**PE塑膠袋**組，到目前為止已存活**超過150天**，另外取食**不織布**組和**泡棉**組也都有存活超過130天的個體，其中**不織布**使存活率最高的，達66.7%。

表9-1 櫻桃紅蟑 廢棄物種類	存活率	死亡者存活天數
保麗龍	0%	75.0 ± 5.2天
PE塑膠袋	0%	54.0 ± 15.6天
泡棉	0%	61.0 ± 3.5天
紙板	0%	54.3 ± 23.2天
不織布	0%	58.3 ± 53.7天
紙袋	0%	62.3 ± 19.0天

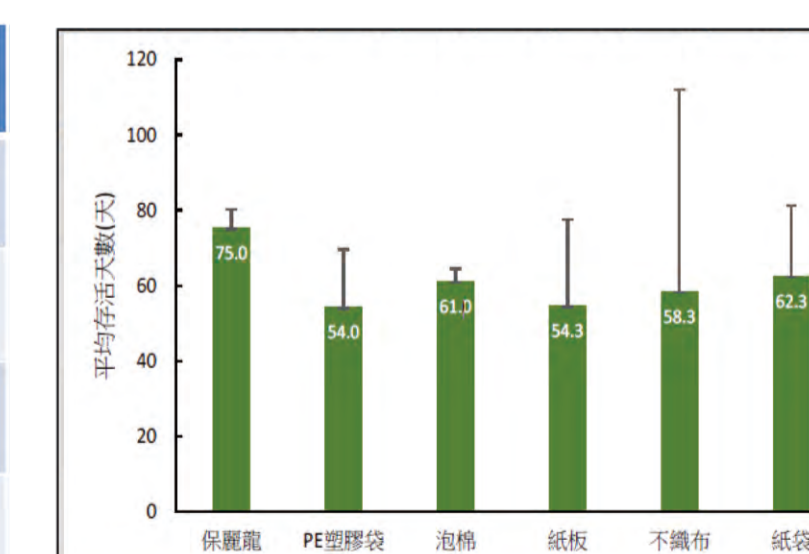


圖40 櫻桃紅蟑取食廢棄物(第一次實驗)

表9-2 杜比亞蟑螂 廢棄物種類	存活率	死亡者存活天數
保麗龍	0%	48.0 ± 30.1
PE塑膠袋	33.3%	42.0 ± 41.0
泡棉	33.3%	61.0 ± 28.3
紙板	0%	70.7 ± 47.9
不織布	66.7%	34.0 ± 0
紙袋	0%	46.3 ± 32.3

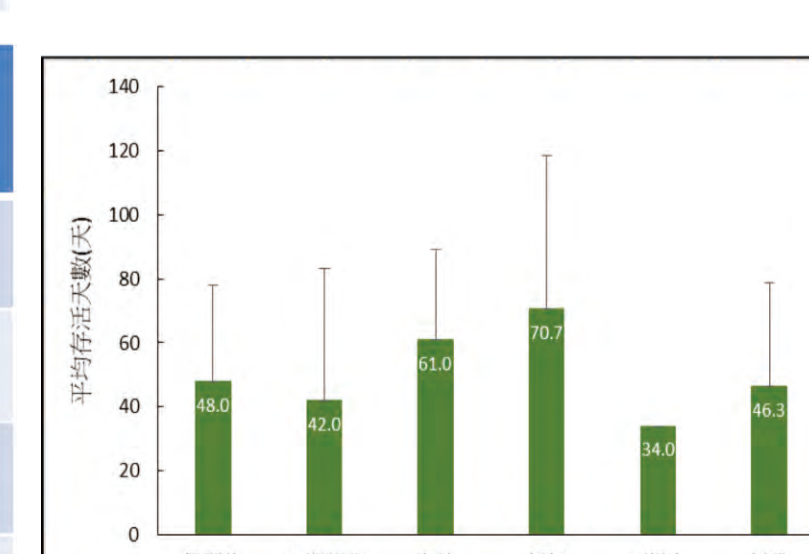
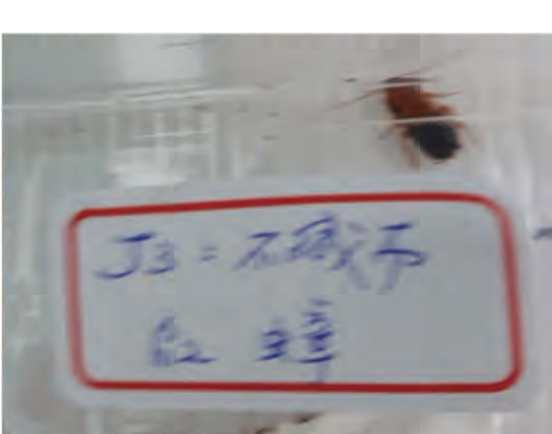
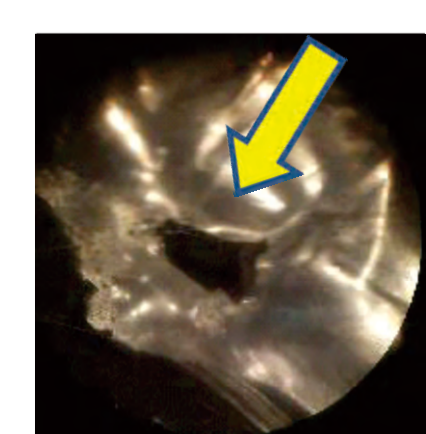


圖41 杜比亞蟑螂取食廢棄物(第一次實驗)



(圖42)杜比亞蟑螂取食PE塑膠袋(C1)存活150天以上。箭頭處為咬痕



(圖43)櫻桃紅蟑取食不織布(J3)存活73天以上。箭頭處為咬痕

實驗八：探討三種蟑螂在飢餓狀態取食廢棄物的差異 (第二次實驗)

第二次實驗結果：

美洲蟑螂 (如表10-1) 取食乳膠手套的存活率最高。死亡者存活天數較高者，則為取食PE和PP塑膠袋、PP+PE塑膠杯。

表10-1 廢棄物種類	存活率	死亡者存活天數(天)
乳膠手套	66.7%	14.0 ± 0.0
寶特瓶(PET)	33.3%	17.5 ± 0.7
保麗龍(PS)	33.3%	16.0 ± 1.4
軟塑膠袋(PE)	0.0%	17.7 ± 3.2
塑膠盒(OPS)	33.3%	9.0 ± 0.0
塑膠杯(PP+PE)	33.3%	18.5 ± 6.4
硬塑膠袋(PP)	0.0%	19.0 ± 3.5

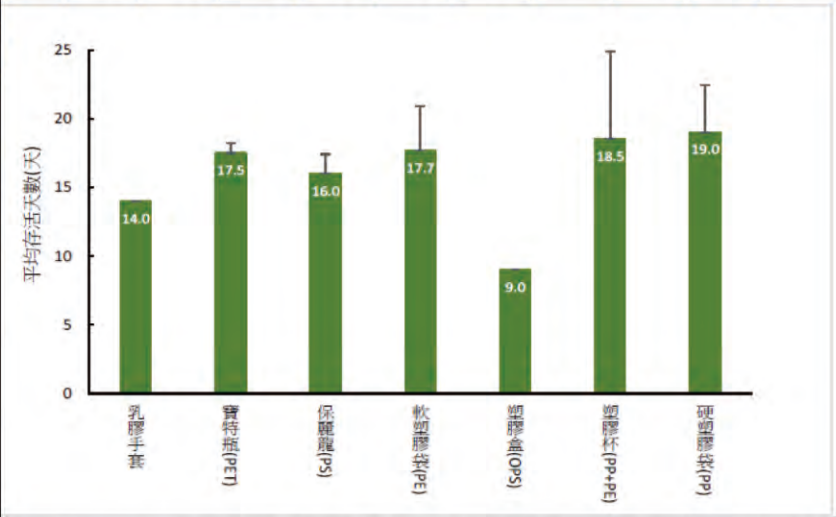


圖44 美洲蟑螂取食廢棄物實驗 (第二次)

櫻桃紅蟑 (如表10-2) 取食PP+PE塑膠的存活率最高。另外PP+PE塑膠杯死亡者的存活天數達17天。

表10-2 廢棄物種類	存活率	死亡者存活天數(天)
乳膠手套	0.0%	14.3 ± 2.5
寶特瓶(PET)	0.0%	18.3 ± 2.3
保麗龍(PS)	0.0%	17.0 ± 5.0
軟塑膠袋(PE)	33.3%	13.0 ± 1.4
塑膠盒(OPS)	33.3%	18.0 ± 1.4
塑膠杯(PP+PE)	66.7%	17.0 ± 0.0
硬塑膠袋(PP)	0.0%	16.3 ± 3.1

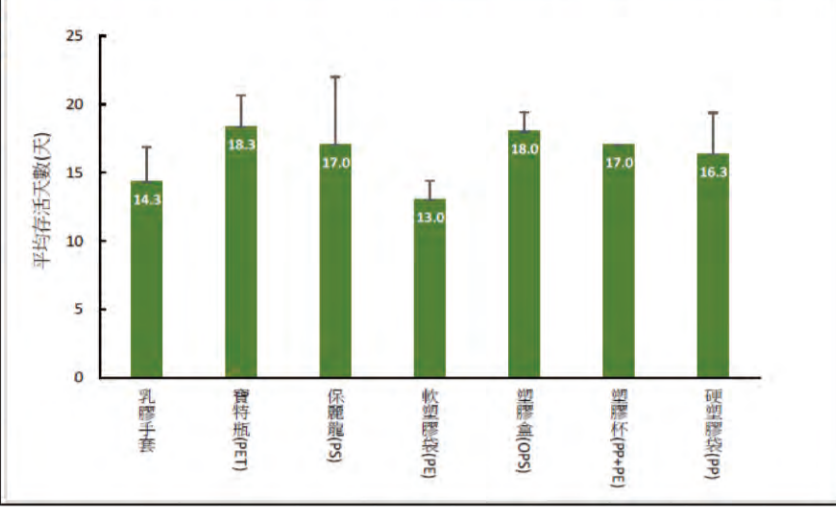


圖45 櫻桃紅蟑取食廢棄物實驗 (第二次)

杜比亞蟑螂 (如表10-3) 取食大多數廢棄物的存活率都可達到100%，效果極佳。

表10-3 廢棄物種類	存活率	死亡者存活天數(天)
乳膠手套	100.0%	-
寶特瓶(PET)	100.0%	-
保麗龍(PS)	100.0%	-
軟塑膠袋(PE)	66.7%	22.0 ± 0.0
塑膠盒(OPS)	100.0%	-
塑膠杯(PP+PE)	100.0%	-
硬塑膠袋(PP)	100.0%	-

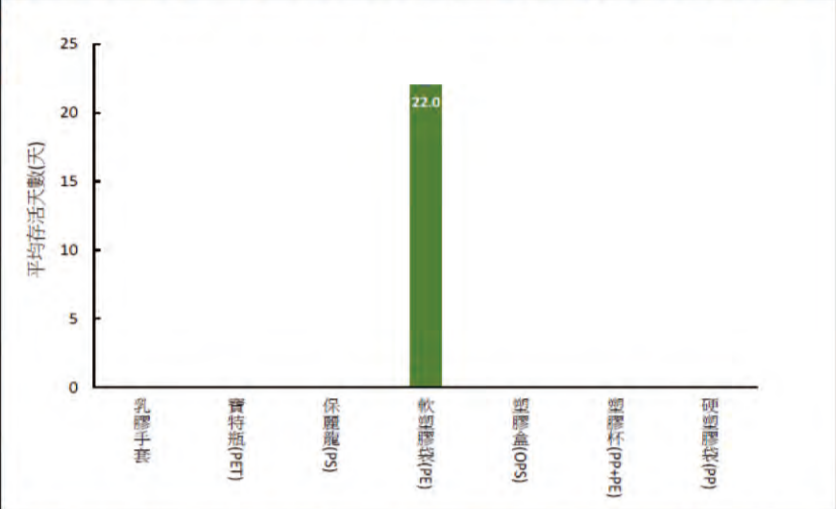


圖46 杜比亞蟑螂取食廢棄物實驗 (第二次)

另外可能因為杜比亞蟑螂在缺少食物的環境中會進行休眠，故存活率較高，但觀察糞便 (如圖47-1) 和廢棄物咬痕 (如圖47-2)，我們可以推論杜比亞蟑螂有取用廢棄物，延長壽命之現象可能。



(圖47-1) 杜比亞蟑螂取食廢棄物乳膠後產生排遺，箭頭處



(圖47-2) 杜比亞蟑螂取食廢棄物乳膠後的痕跡，箭頭處



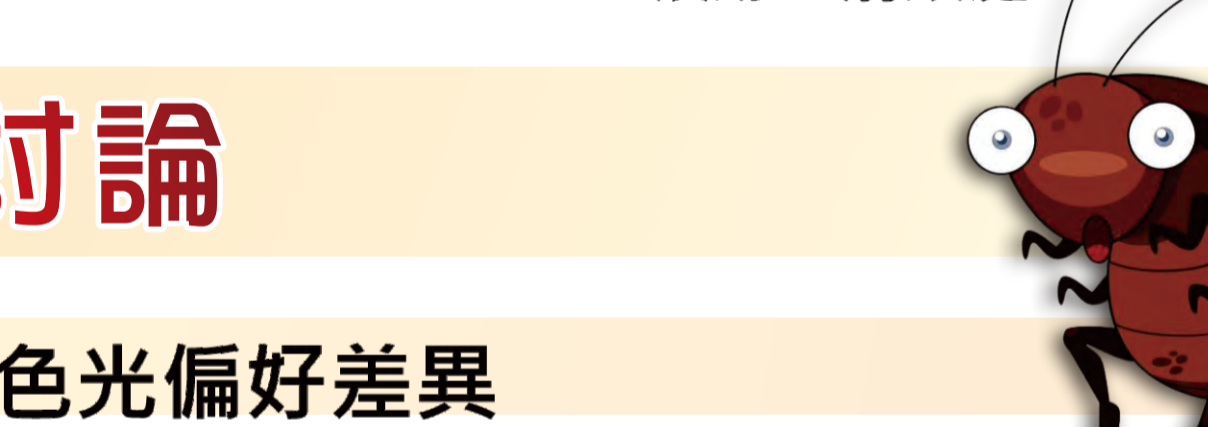
(圖48-1) 美洲蟑螂取食廢棄物保麗龍後維持生命



(圖48-2) 美洲蟑螂取食廢棄物保麗龍的痕跡，箭頭處



(圖49-1) 美洲蟑螂取食廢棄物乳膠後維持生命



(圖49-2) 美洲蟑螂取食廢棄物乳膠的痕跡，箭頭處

陸、討論

研究目的1：探討三種蟑螂的色光偏好差異

三種蟑螂易因紅光引發趨向行為，選擇時也偏好紅光。如果以黑暗作為蟑螂偏好的基準來看，杜比亞蟑螂在紅藍、紅綠組的反應率高於黑暗組，選擇時也偏好紅光，所以紅光能促進杜比亞蟑螂正趨向行為。基於考量，我們選用紅光作為觀察後續實驗的色光，以及研究4製作毒餌實驗裝置 (箭頭處)。



研究目的2：探討三種蟑螂的氣味偏好差異

綜合選擇係數和反應率來看，我們認為反應率高且選擇係數 > 0 者，代表蟑螂能感受到此類氣味並表現正趨向行為。從味道類來看，三種蟑螂都對於酸味有較明顯的負趨向行為。從養分類來看三種蟑螂對於多醣類 (澱粉) 和單醣類 (葡萄糖) 有明顯正趨向行為，對油脂類 (不論動植物性) 的表現都不顯著。

對照前人研究蟑螂是雜食性昆蟲，食物種類非常廣泛，在醣類中，多醣類對牠們的引誘力最強，和我們的結果雷同；另外蟑螂也有嗜食油脂的習性，卻與本研究發現不盡相同。



美洲蟑螂正在取食富含澱粉的油炸物(補圖)

研究目的3：探討三種蟑螂在缺乏食物和水條件下的存活時間比較差異

美洲蟑螂在缺乏食物和水條件下的存活時間最差，我們推測原因是因為美洲蟑螂龐大的體型加上活動力大導致其消耗能量的速度較快。

杜比亞蟑螂進入一種類似「休眠」的狀況保能盡量減少能量消耗。根據文獻美洲蟑螂可以只靠消耗體內的養分 (包括脂肪)，三個月不吃東西；同時，也能忍受一個月不喝水。甚至有蟑螂在48小時的冷凍後，還能存活。



杜比亞蟑螂(a3)，不進食任何食物和水存活近70天(補圖)

研究目的4：探討植物性滅蟑劑對美洲蟑螂的防治效果

本研究的劑量是以常用的滅蟑藥比例為參考，所以在毒物劑量上可能會低於純物質的硼酸，因此除了觀察致死率之外，我們也針對存活蟑螂進行翻正反射測試。翻正反射為蟑螂所表現的本能行為之一，若毒餌劑量不足以致死，也有可能影響蟑螂健康，導致本能行為異常。研究結果顯示紅藜殼、苦茶粕和菸草均有影響翻正反射的效果。



硼酸(H₂BO₃)，一般家中最常使用的滅蟑劑(補圖)

研究目的5：探討香草植物氣味對美洲蟑螂的忌避效果

由新鮮香草植物整體分析，剛開始香茅忌避性效果最佳；而檸檬香蜂草雖然一開始的忌避效果較不明顯，但放置時間久效果漸增強。

乾燥香草植物整體分析，九層塔效果最佳，但大多數香草忌避性效果不明顯。故推論，新鮮的香草植物效果較乾燥的好。新鮮者以香茅和檸檬香蜂草為最佳，乾燥者則以九層塔為最佳。



九層塔(Ocimum basilicum)實驗中最有效的乾燥香草植物(補圖)

研究目的6：探討環保滅蟑噴劑對美洲蟑螂的防治效果

環保及防治效果甚佳者中，木醋液由接觸作用而達到殺蟑效果；椰子油起泡劑則因富含植物性皂素，可破壞油脂的介面，將蟑螂腹部的呼吸孔堵塞，使蟑螂窒息死亡；苦楝油將蟑螂腹部的呼吸孔堵塞，使蟑螂窒息死亡；菸草粉含尼古丁接觸昆蟲後，會產生痙攣現象；矽藻土本身的突刺會刺穿蟑螂的外皮，造成蟑螂失水過多死亡。



木醋液，實驗中最有效的天然殺蟑噴劑(補圖)

研究目的7：探討植物性粉末煙燻對美洲蟑螂的防治效果

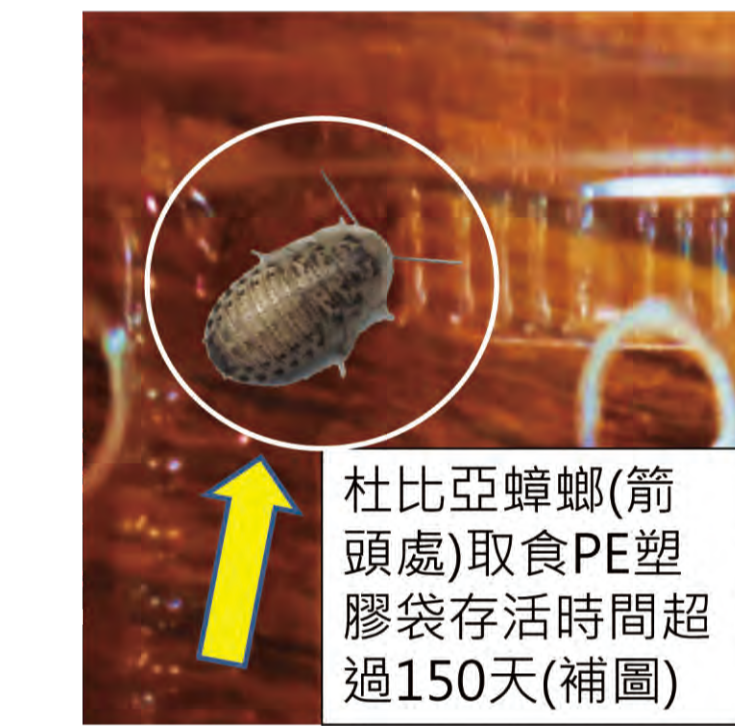
本研究擔心許多常見的煙燻法對人畜都容易造成毒害，因此在取材選擇澳洲茶樹及柚子皮不同部位製成粉末，雖不至於如噴劑快速有效，但適用於無法直接噴灑且須大量撲殺的狀況，此時若使用曝曬澳洲茶樹枝粉末及柚子外果皮粉末煙燻處理效果極佳。



曝曬過的澳洲茶樹枝粉末是實驗中殺蟑效果最好的煙霧粉末(補圖)

研究目的8：探討三種蟑螂在飢餓狀態取食廢棄物的差異

本研究發現杜比亞蟑螂取食包括不織布、泡棉和PE塑膠袋等廢棄物處理，存活天數可超過130天以上 (PE塑膠袋存活者，超過150天)，此項目較少有人研究探討。推論蟑螂在食物短缺時，有取食含養分或可以消化之人工聚合物的廢棄物可能性，並且對固體廢棄物之再利用及環保處理上，對環境保護有相當大的貢獻及潛力。



杜比亞蟑螂(箭頭處)取食PE塑膠袋存活時間超過150天(補圖)

柒、結論

- 在色光偏好方面，三種蟑螂皆有負趨光性，對紅光的趨向行為較強，櫻桃紅蟑對黃光也有較強趨向行為。
- 在氣味偏好方面，美洲蟑螂對二級砂糖正趨向最明顯，三種蟑螂對於醋有明顯的負趨向行為。三種蟑螂對養分類中的醣類 (葡萄糖和蔗糖) 趨向最為明顯。
- 在驅、滅蟑方面
 - 毒餌：硼酸、橘子皮和萬壽菊的效果較佳，另外紅藜殼亦有不錯的效果。
 - 噴劑：去漬油和木醋液可在數分鐘內殺死蟑螂，椰子油起泡劑也可在1小時內間達到殺蟑的效果。
 - 煙燻氣霧式：曝曬澳洲茶樹枝粉末僅需不到一小時便立即見效，兩種柚子外果皮粉末亦可在2小時內達到殺蟑的效果。
 - 香草植物：新鮮香草以香椿、檸檬香蜂草、薄荷、胡椒木和艾草效果較佳；乾燥香草是則以九層塔最有效。大多數香草是新鮮的效果較佳。
- 在廢棄物利用方面，杜比亞蟑螂能取食包括不織布和泡棉等廢棄物處理，另外取食PE塑膠袋組已超過150天以上至今仍存活，具有相當驚人的生命力。

捌、參考資料

- 黃彥勳 (2012) 毒餌對棕帶蟑螂之防治效能 (碩士論文)國立中興大學 臺中市。
- 蔡佩真 (2008) 棕帶蜚蠊聚集行為與植物精油對棕帶蜚蠊的忌避效果(碩士論文)國立彰化師範大學 彰化縣。
- 蕭淳云、郭宴慈、張貴欽 (2013) 我也是小強—櫻桃紅蟑的趨性與生存策略 中華民國第53屆中小學科學展覽會報告書。
- 自由時報電子報 (2013) 躲殺蟑藥 蟑螂進化不吃糖 取自：<http://news.ltn.com.tw/news/world/paper/682308>
- 蔡任團(2002) 單眼與複眼在蟑螂運動行為上的調控功能。師大生物所碩士論文
- Orkin(2018) Cockroach Food & Diet: What Roaches Eat - Baiting Methods 取自：<https://www.orkin.com/cockroaches/cockroach-food/>
- 曾依晴(2009) 從麵包蟲體內分離出可分解保麗龍之菌種 2009年臺灣國際科學展覽會 網路：<https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-2/2009/pdf/070006.pdf>

