

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

最佳團隊合作獎

080312

超級 COOL 蟲～瓢蟲 Life 大解碼

學校名稱：苗栗縣公館鄉公館國民小學

作者： 小六 謝富鈞 小五 楊郁婷 小五 楊楚安 小五 邱勝璋 小五 邱禹倫	指導老師： 謝祥宏 湯千慧
---	-----------------------------

關鍵詞：瓢蟲、色光、爬高

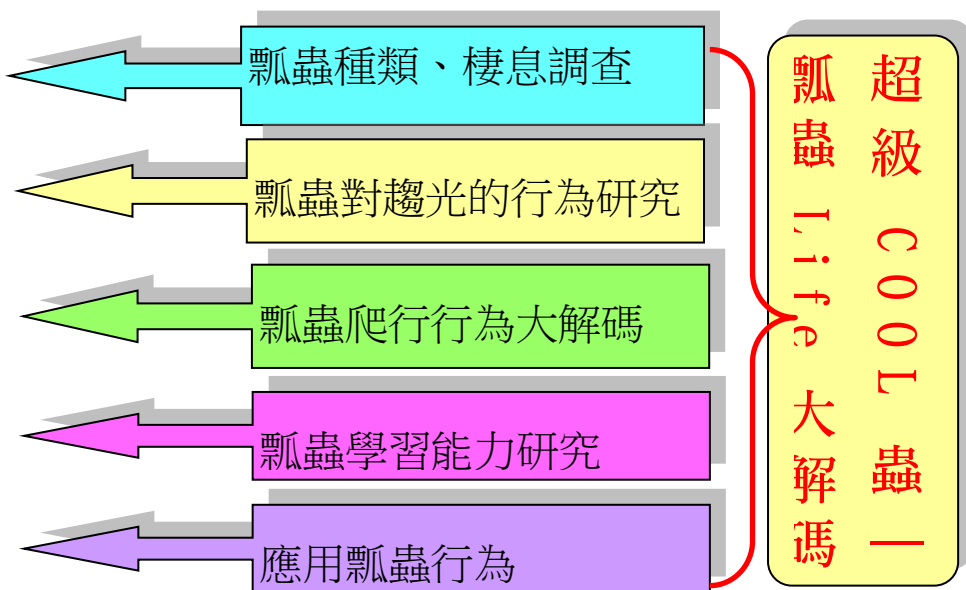
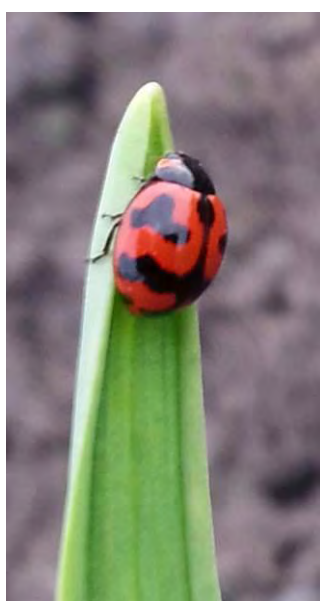
摘要

這個學期我們在開心農場種菜的過程中，發現了許多瓢蟲正在吃蚜蟲。我們覺得很好奇，在老師的引導下，就進行了超級 COOL 蟲的研究。而為了研究瓢蟲，我們設計了氣味喜好觀察箱、色光趨性觀察盒、爬高實驗組。**研究結果發現：**

- 一、開心農場的瓢蟲共計有七種，以六條瓢蟲佔 68.04% 最多。
- 二、黃瓢蟲、六條瓢蟲對農作物有幫助，減少噴灑辣、蒜味，可作生物防治白粉菌、蚜蟲用。
- 三、六條瓢蟲及黃瓢蟲具有趨光性；而不同種類瓢蟲對於色光趨向性不同。
- 四、瓢蟲對於光的趨向性遠大於爬高的趨向性。
- 五、瓢蟲對於平衡具有學習能力。
- 六、瓢蟲對辣氣味的學習有兩種模式：模式一、爬到頂端再往下爬到底；模式二、爬到中途時往下爬。經過 5-15 分鐘，出現同樣的兩種模式。

壹、研究動機

這學期學校租了一塊田，讓我們五年級上自然課時種菜，我們把這塊田稱為「開心農場」。在種菜的過程中，我們在菜葉上發現了許多瓢蟲，正在吃蚜蟲，引發我們的好奇心。在開心農場中，瓢蟲有多少種？瓢蟲喜歡怎樣的氣味？瓢蟲對不同顏色的光有怎樣的反應？瓢蟲是不是有往上爬高的行為？瓢蟲具有學習的行為嗎？…等一系列的問題產生，因此，在老師的引導下，就進行了超級 COOL 蟲的研究。



圖一：研究方向思考圖

貳、研究目的及研究問題

我們針對問題，進行一系列的研究，並根據研究目的，提出以下研究問題：

■ 目的一、開心農場中瓢蟲的種類、棲息位置的研究。

研究 1-1：開心農場中，瓢蟲的種類數量為何？

研究 1-2：開心農場中，瓢蟲棲息位置為何？

研究 1-3：開心農場中，不同氣味對瓢蟲棲息分佈有何影響？

■目的二、瓢蟲對趨光行為的研究。

研究 2-1：瓢蟲對於趨光的行為為何？

研究 2-2：瓢蟲對於對單一色的光的趨向性為何？

研究 2-3：瓢蟲對不同色光的趨向性為何？

■目的三、瓢蟲爬行行為大解碼

研究 3-1：瓢蟲爬行行為為何？

研究 3-2：不同材質竿子，對瓢蟲爬行有何影響？

研究 3-2-1：相同材質不同粗細竿子，對瓢蟲爬行有何影響？

研究 3-2-2：相同材質不同乾濕竿子，對瓢蟲爬行有何影響？

研究 3-3：瓢蟲的平衡行為為何？

研究 3-4：瓢蟲的爬高與趨光的衝突？

研究 3-5：瓢蟲的裝死行為？

■目的四、瓢蟲學習能力探討

研究 4-1：瓢蟲對於辣味反應的學習行為。

研究 4-2：瓢蟲對於蒜味反應的學習行為。

參、文獻探討

一、瓢蟲種類～肉食草食

根據林義祥（嘎嘎）、虞國躍（2014）寫的瓢蟲圖鑑，瓢蟲屬於完全變態（一生經歷卵、幼蟲、蛹、成蟲），分為三大類：一、肉食性瓢蟲，以捕食蚜蟲、介殼蟲為主，例如本研究之六條瓢蟲、七星瓢蟲等都是肉食性瓢蟲；二、植食性瓢蟲：以植物葉子為食，在本研究並未發現。三、為菌食性瓢蟲：食菌類孢子，例如本研究發現之黃瓢蟲。以真菌的孢子為主要食物來源（李季篤），對農人來說是有幫助的昆蟲。

二、瓢蟲行為研究

(一)爬行行為

很多昆蟲具有爬高的趨向性，查資料發現有許多昆蟲都要爬到高處後才起飛，有的是千萬年來基因遺傳或生活習性形成的（百度）。因此，爬高可以算是與生具有趨性。研究發現不同溫度會影響瓢蟲活動力，17°C 以上活動力旺盛；低於 17°C 活動力下降；低於 15°C 活動逐漸緩慢；低於 7°C 完全不動（第 47 屆-全國科展國中組生物及地球科學科）。

有關爬行能力方面，在「瓢瓢欲仙」這篇研究中，發現七星在不同材質具爬力，是因為分泌油脂類的物質而能附著在上面。而不同粗細竿子，對瓢蟲爬行會有怎樣影響？越粗爬得越快？還是越慢？值得進一步研究。

瓢蟲具鮮豔外表，警告敵人不要靠近，若爬行過程受到驚嚇時，會從高處落下表現六腳朝天裝死行為，甚至腳的關節分泌黃黃具臭味液體，嚇跑敵人（下課花路米 1096）。讓我們好奇的是瓢蟲裝死後，要多久才會甦醒？不同種類甦醒時間相同嗎？

(二)瓢蟲的趨光反應

研究發現 350~605nm 波譜對龜紋瓢蟲成蟲行為有一定的影響（生態學報），對本研究探討六條瓢蟲對光、色光反應，在研究方法及實驗設計提供參考。

三、學習行為研究

有關研究昆蟲學習能力文章，在葉偉文譯（2006）提到美國紐約冷泉實驗室，發現有些果蠅具較佳的學習能力，有些卻無。進一步分析這兩類果蠅腦部構造，發現其腦部神連結數不同。而瓢蟲學習的行為研究，在色計瓢蟲--談六條瓢蟲的趨光及學習(第 49 屆全國科展，國中生物科)」。以六條瓢蟲進行紫藍紅黃綠的趨光現象，發現趨向短波長；且對色光的學習連結，具有時距效應，隨時間拉長而遺忘。

肆、研究架構

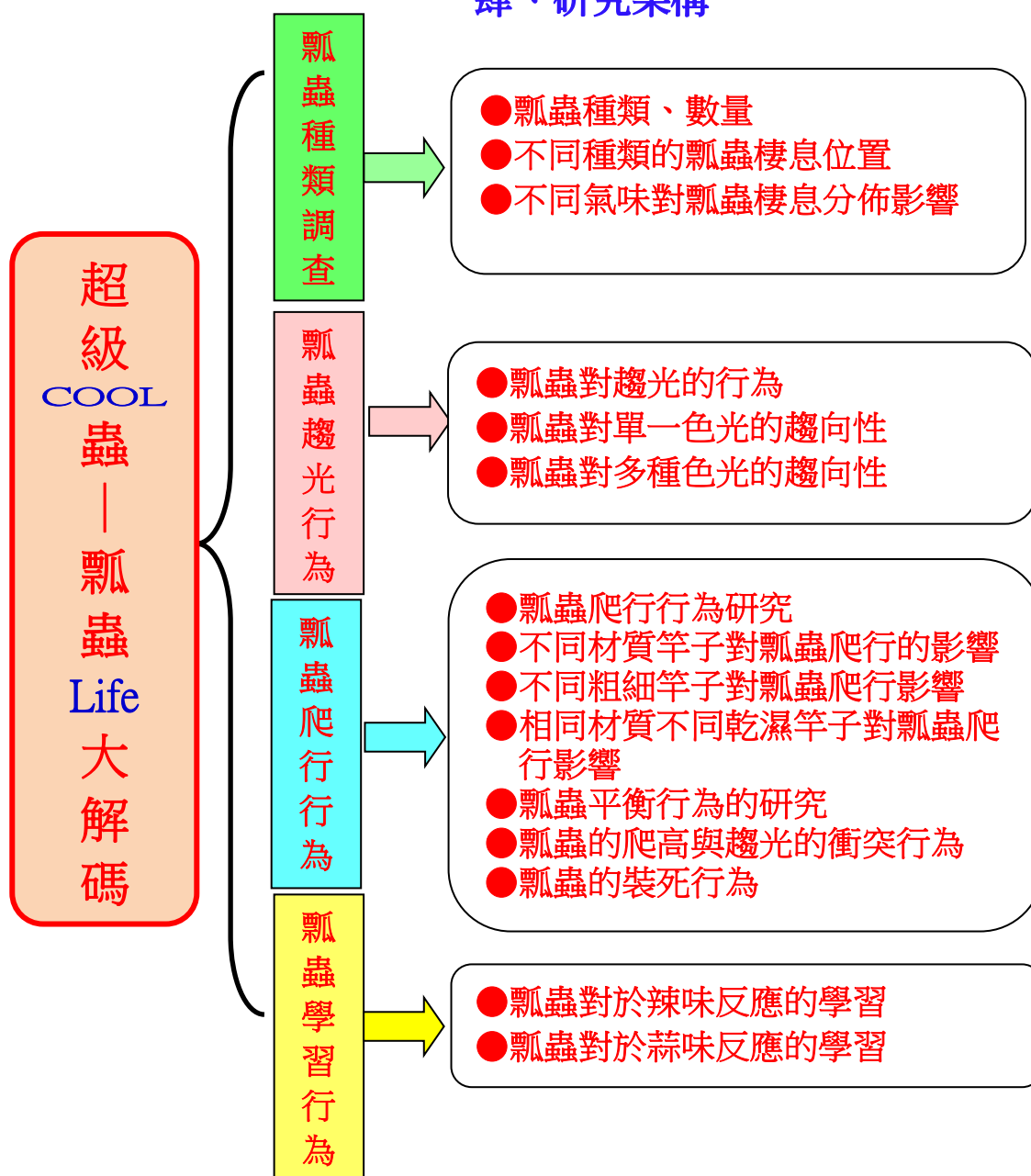


圖 2：研究架構

伍、研究設備及器材

一、實驗材料：

1. 器材：

碼錶 (1 支)、培養皿 (5 個)、鋁線 (1 捆)、紗網 (1 捲)、棉花棒 (1 盒)
保鮮膜 (1 捲)、鐵尺 (1 支)、膠帶 (1 支)、玻璃紙 (紅黃藍各一包)
鑷子 (2 支)、捲尺 (1 支)、水族箱 (5 個)、樂高積木組 (3 組)

2. 動物：瓢蟲

3. 植物：辣椒、蒜、高麗菜、蘿蔔、包心白菜

二、實驗設備：

熱熔膠槍 (1 支)、手電筒 (1 支)、照度計 (1 支)、錄影機 (1 台)

三、實驗裝置：

(一)自製觀察箱



❶ 裁切木條



❷ 熱熔膠黏貼木條



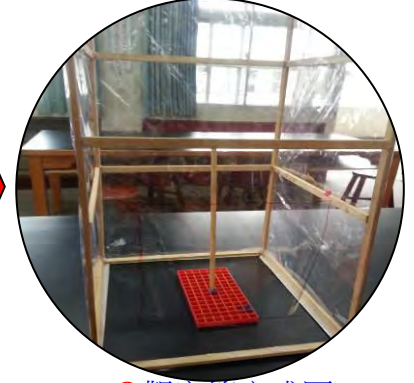
❸ 組裝觀察箱



❹ 用厚透明塑膠膜黏貼箱



❺ 組裝箱頂



❻ 觀察箱完成圖



❼ 切割厚紙板



❽ 套在紗網上製作盒蓋



❾ 小型觀察箱完成圖

(二)自製單一色光趨光觀察盒：



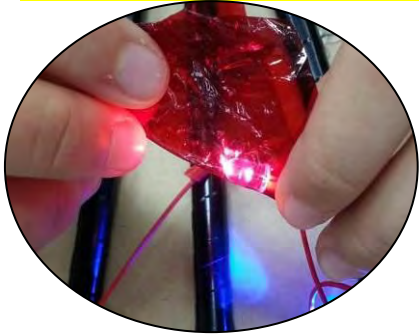
瓢蟲放置

計時器處

觀察盒上蓋

LED 燈光源

(三)自製多種色光趨光觀察盒：



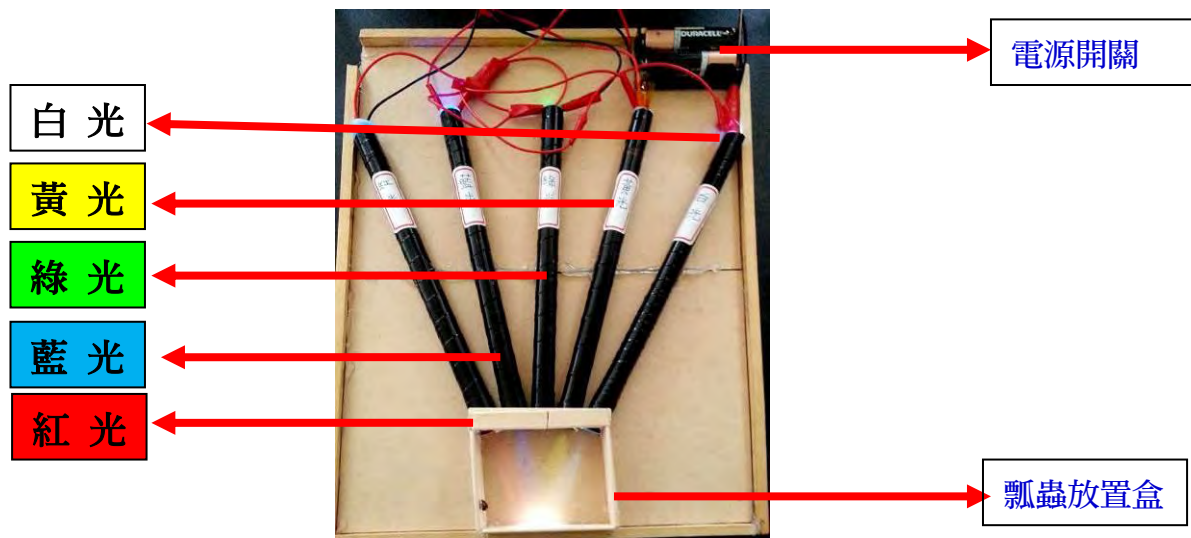
LED 燈包玻璃紙製造色光



粗吸管纏黑色膠帶(隔絕光)



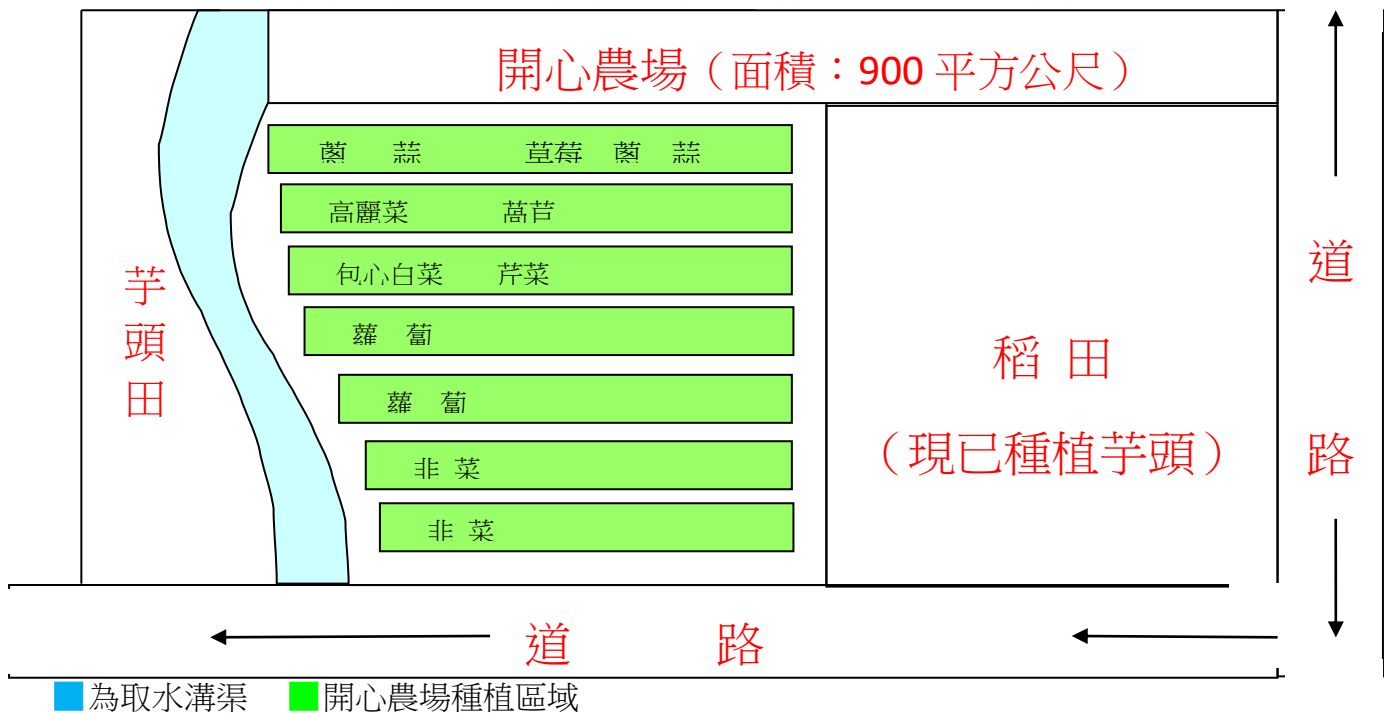
LED 燈套泡棉管塞粗吸管



多種色光趨光觀察盒

四、研究樣區

本研究的開心農場，是指 105 學年度受政府委託進行食農教育的栽種園區（下圖綠色部分）。在農場種植過程中，採無農藥、無化學肥料的自然生態方法種植。





📍開心農場入口



📍開心農場菜園



📍開心農場 蔥蒜



📍105.11.03 調查



📍105.12.14 調查



📍106.03.17 調查

陸、研究過程與研究結果

■目的一、開心農場中瓢蟲種類、棲息位置的研究。

研究 1-1：開心農場中，瓢蟲的種類數量為何？

【研究構想】：為了知道瓢蟲的種類與數量，我們利用早上到開心農場澆水、中午午休及放學後的時間，到開心農場進行調查，觀察記錄瓢蟲種類與數量。

【實驗步驟】：

- 1.器材準備：瓢蟲觀察箱、瓢蟲記錄表、照相機。
- 2.利用早上到開心農場澆水、中午午休及放學後的時間，到開心農場進行瓢蟲觀察。
- 3.以開心農場為範圍，記錄瓢蟲發現的位置（植物種類）、瓢蟲種類（畫出瓢蟲樣子）、數量【詳見實驗觀察日誌】。
- 4.將瓢蟲放入瓢蟲觀察箱，觀察瓢蟲特徵，並利用瓢蟲圖鑑比對特徵（林義祥、虞國躍，2014），並 mail 給作者確認瓢蟲種類。
- 5.將結果畫成統計圖。



📍記錄瓢蟲種類



📍將瓢蟲帶回實驗室確認

【研究發現】：

- 1.開心農場的瓢蟲共計有七種，以六條瓢蟲有 132 隻，佔 68.04%為最多，其次為龜紋變異有 34 隻佔 17.53%。
- 2.瓢蟲種類如表 1-2、圖 3。

【實驗結果與討論】：

從研究調查發現，開心農場以六條瓢蟲數量最多，後續實驗將以數量較多的六條瓢蟲進行觀察研究。

表 1: 開心農場瓢蟲種類一覽表

瓢蟲種類	數量	百分比	備註
六條瓢蟲	132	68.04%	
七星瓢蟲	17	8.76%	
六條變異	4	2.06%	
龜紋變異	34	17.53%	
八條瓢蟲	3	1.55%	
八條變異	2	1.03%	
黑胸兼食瓢蟲	2	1.03%	
合計	194	100.00%	

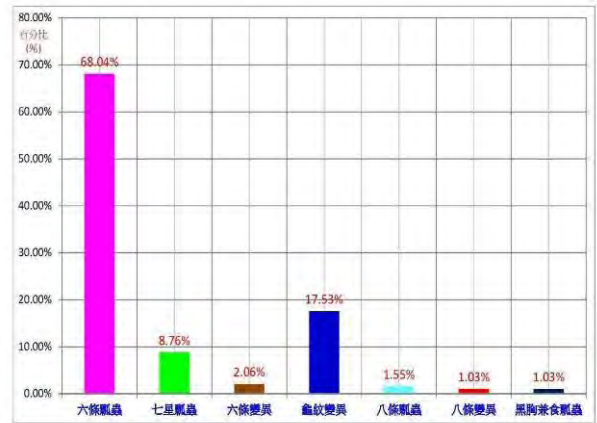


圖 3: 開心農場瓢蟲種類分佈圖

表 2: 開心農場瓢蟲種類特徵記錄 (舉例)【詳見實驗觀察日誌】

種類	波紋瓢蟲	六條瓢蟲 (雄)	波紋瓢蟲	六條瓢蟲 (變異)
日期	105.11.19	105.12.14	105.12.07	105.12.07
拍攝記錄				
特徵及說明	★ 	★ 	★ 	★
	1.第 1 列紋左右不相連，成波浪狀。 2 第 2-3 列斑紋合翅時相連。 3.瓢蟲圖鑑 p.94	1.十字斑紋 2 四個區間具圓點斑紋 3.瓢蟲圖鑑 p.29	1.第 1 列紋左右不相連，成波浪狀。 2 第 2-3 列斑紋合翅時相連。 3.瓢蟲圖鑑 p.94	1.第.1、2 列斑相連擴大 2.瓢蟲圖鑑 p.33

★肉食性 ●植食性 ▲食菌性

研究 1-2：開心農場中，不同種類的瓢蟲棲息位置為何？

【研究構想】：為了知道瓢蟲的種類與數量，我們利用早上到開心農場澆水時、中午午休及放學後的時間，到開心農場進行調查，觀察記錄瓢蟲種類與棲息位置。

【實驗步驟】：

- 1.器材準備：瓢蟲觀察箱、瓢蟲記錄表、照相機。
- 2.與研究 1-1 步驟 2-4 相同，但主要在於分析瓢蟲棲息位置。
- 3.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.開心農場瓢蟲以棲息在蘿蔔葉佔 81.48%最多，其次為高麗菜葉、包心白菜葉佔 7.04%。
- 2.瓢蟲幾乎不會棲息在紅蔥、大蒜、萵菜(0%)。
- 3.結果表 3、圖 4。

【實驗結果與討論】：

從調查發現，瓢蟲以棲息在蘿蔔葉、高麗菜葉、包心白菜葉最多。經查資料發現，這些瓢蟲以「蚜蟲」為食，因此，棲息在蚜蟲較多的植物上。經實際觀察蘿蔔葉、高麗菜葉、包心白菜，發現的確有許多蚜蟲。至於紅蔥、大蒜、萵菜等植物未發現有瓢蟲，是否是因這些植物具有特殊氣味，使瓢蟲不敢靠近，我們接下來進行【研究 1-3】不同氣味對瓢蟲棲息分佈影響研究。

表 3: 開心農場瓢蟲棲息位置記錄

項目/數量	數量	百分比%
蘿蔔葉	220	81.48
高麗菜葉	19	7.04
包心白菜葉	19	7.04
大白菜	7	2.59
萵菜	0	0.00
芥菜	2	0.74
龍葵	1	0.37
地瓜葉	2	0.74
紅蔥	0	0.00
大蒜	0	0.00
合計	270	100.00

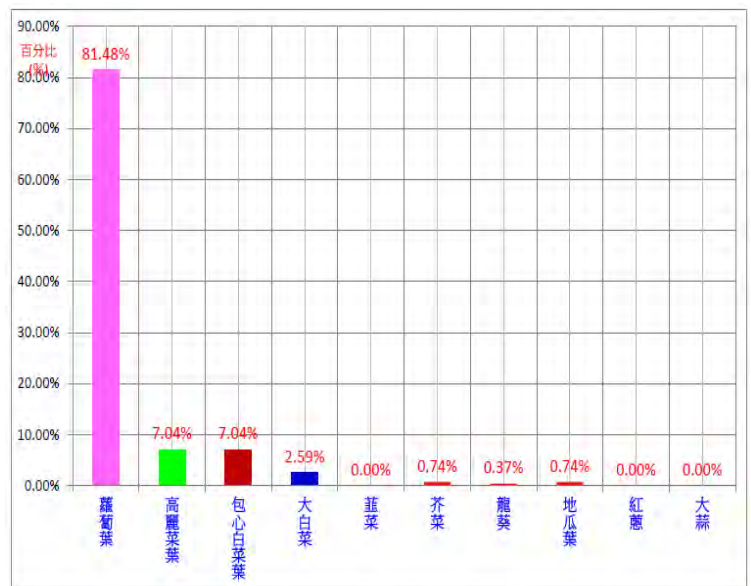


圖4：開心農場瓢蟲棲息位置分佈圖

研究 1-3：開心農場中，不同氣味對瓢蟲棲息分佈有何影響？

【研究構想】：從研究 1-2 發現瓢蟲可能對一些有特殊氣味植物，產生趨避行為。為了研究對於紅蔥、大蒜、萵菜等有特殊氣味的植物，是否產生逃避行為，我們設計「氣味實驗盒」進行研究。

【實驗步驟】：

- 1.器材準備：**氣味實驗盒**。
- 2.準備兩片有蚜蟲的高麗菜葉，其中一片塗上辣椒(避免塗到蚜蟲)，分別放入氣味實驗盒兩端。
- 3.將 10 隻六條瓢蟲放入培養皿(有蓋)，放入氣味實驗盒中央。

4. 打開培養皿蓋子(氣味實驗盒兩端紗網)
5. 放置 1 天後，觀察六條瓢蟲分佈在有辣味、無辣味葉子的隻數。
6. 改用兩片高麗菜葉，一片塗蒜汁，另一片不塗蒜汁，重複步驟 3.~5.。
7. 改用黃瓢蟲，高麗菜葉改成萵苣葉，重複進行步驟 3.~6.。
8. 將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

1. 黃瓢蟲對塗了辣椒、大蒜氣味的葉子，0%會靠近；而各有 42%、56%黃瓢蟲選擇沒有辣椒、大蒜的氣味的萵苣葉。
2. 六條瓢蟲對塗了辣椒氣味的葉子，有 14%會靠近覓食；而塗了大蒜的氣味的葉子，有 22%會靠近覓食。
3. 黃瓢蟲對辣、蒜味幾乎 100%排斥；而六條瓢蟲對大蒜的氣味較不排斥，對辣椒較排斥。
4. 結果表 4-7、圖 5-8。

【實驗結果與討論】：

黃瓢蟲為食菌性瓢蟲，而六條瓢蟲以捕食蚜蟲為主，對菜農有幫助。由實驗發現對辣、蒜味排斥性極強；因此，若菜葉上發現有黃瓢蟲、六條瓢蟲，應避免噴辣味、蒜味，以達成利用生物防治減少蚜蟲、白粉菌的效果！

表 4: 辣的氣味對六條瓢蟲棲息分佈影響比較表

項目/次別	第 1 次 %	第 2 次 %	第 3 次 %	第 4 次 %	第 5 次 %	平均 %
塗辣椒高麗菜葉	20	20	10	0	20	14
正常高麗菜葉	80	60	90	90	80	80
不在葉子上	0	20	0	10	0	6
合計	100	100	100	100	100	100

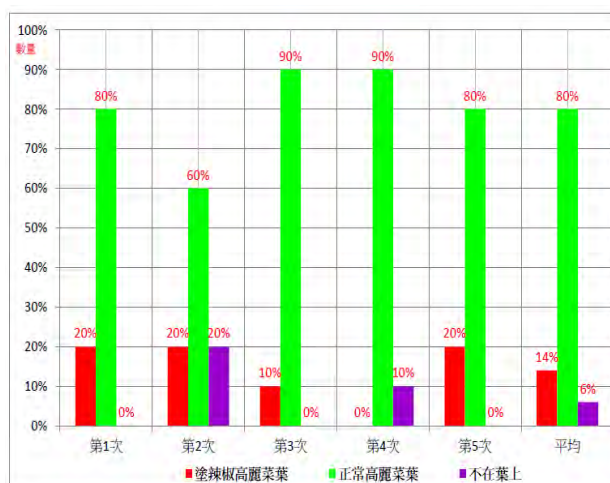


圖 5: 辣的氣味對六條瓢蟲棲息分佈比較

表 5: 蒜的氣味對六條瓢蟲棲息分佈影響比較表

項目/次別	第 1 次 %	第 2 次 %	第 3 次 %	第 4 次 %	第 5 次 %	平均 %
塗蒜高麗菜葉	30	30	30	10	10	22
正常高麗菜葉	50	50	50	80	90	64
不在葉子上	20	20	20	10	0	14
合計	100	100	100	100	100	100

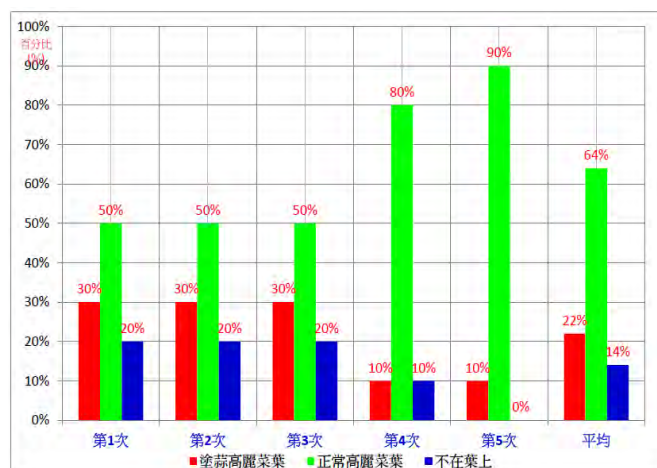


圖 6: 蒜的氣味對六條瓢蟲棲息分佈比較

表 6: 辣的氣味對黃瓢蟲棲息分佈影響比較表

項目/ 次別	第 1 次 %	第 2 次 %	第 3 次 %	第 4 次 %	第 5 次 %	平均 %
塗辣椒萵 苣菜葉	0	0	0	0	0	0
正常萵苣 菜葉	20	50	60	40	40	42
不在葉子 上	80	50	40	60	60	58
合計	100	100	100	100	100	100

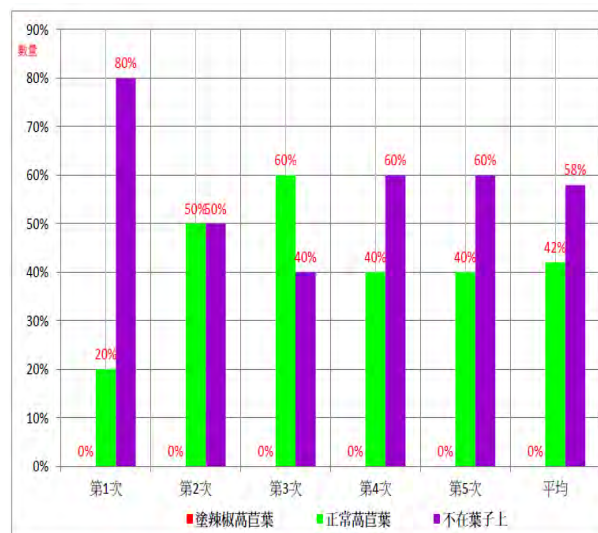


圖 7: 辣的氣味對黃瓢蟲棲息分佈比較圖

表 7: 蒜的氣味對黃瓢蟲棲息分佈影響比較表

項目/ 次別	第 1 次 %	第 2 次 %	第 3 次 %	第 4 次 %	第 5 次 %	平均 %
塗蒜萵 苣菜葉	0	0	0	0	0	0
正常萵苣 菜葉	60	50	50	60	60	56
不在葉子 上	40	50	50	40	40	44
合計	100	100	100	100	100	100

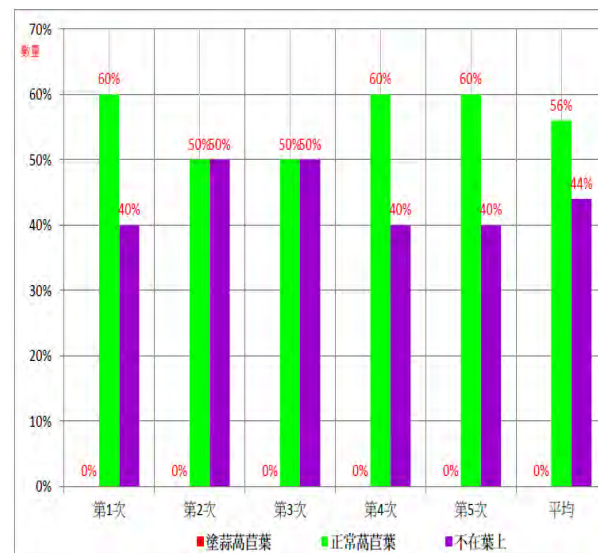


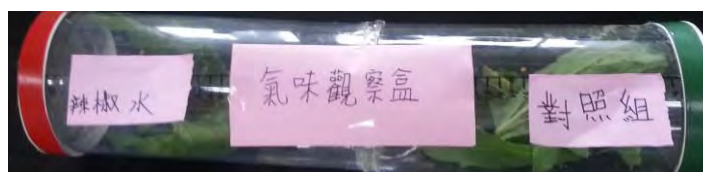
圖 8: 蒜的氣味對黃瓢蟲棲息分佈比較圖



① 萵苣 (蒜味實驗、對照組)



① 氣味實驗盒



① 氣味實驗盒(辣味)

目的二、瓢蟲趨光行為的研究。

研究 2-1：瓢蟲對於趨光的行為為何？

【研究構想】：昆蟲有些會有趨光行為，有些沒有趨光行為。我們心想瓢蟲對明暗的光線變化，會產生怎樣的行為呢？我們設計「趨光觀察盒」進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.器材準備：趨光觀察盒（請參閱伍、研究設備及器材之三實驗設計）。
- 2.將 10 隻六條瓢蟲放入培養皿（有蓋），放入趨光觀察盒一端。
- 3.將趨光觀察盒打開光源。
- 4.放置 1 小時後，觀察六條瓢蟲分佈位置。
- 5.重複實驗 5 次。
- 6.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.六條瓢蟲有 90%會朝向有光的地方移動；黃瓢蟲有 92%會朝向有光的地方移動。
- 2.結果表 8、圖 9-10。

【實驗結果與討論】：

六條瓢蟲、黃瓢蟲對光有趨光性，在晚上進行瓢蟲觀察時，可利用此種特性誘捕瓢蟲。是否可行尚待繼續研究。

表 8:瓢蟲對明暗光線變化反應一覽表

項目/次別		第 1 次		第 2 次		第 3 次		第 4 次		第 5 次		平均	
		隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比
六條 瓢蟲	光	9	90	9	90	9	90	9	90	9	90	9	90
	暗	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10
	合計	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100
黃瓢 蟲	光	10	100	10	100	10	100	8	80	8	80	9.2	92
	暗	0	0	0	0	0	0	2	20	2	20	1.8	18
	合計	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100	10	100

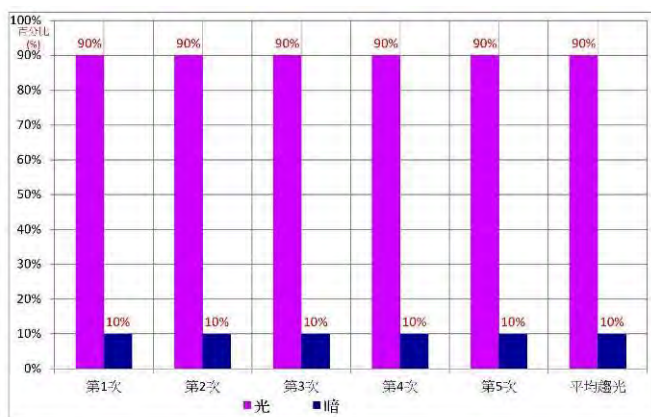


圖 9：六條瓢蟲對明暗光線變化反應比較圖

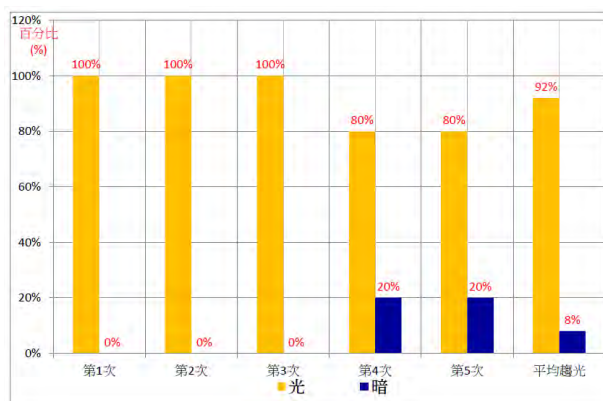
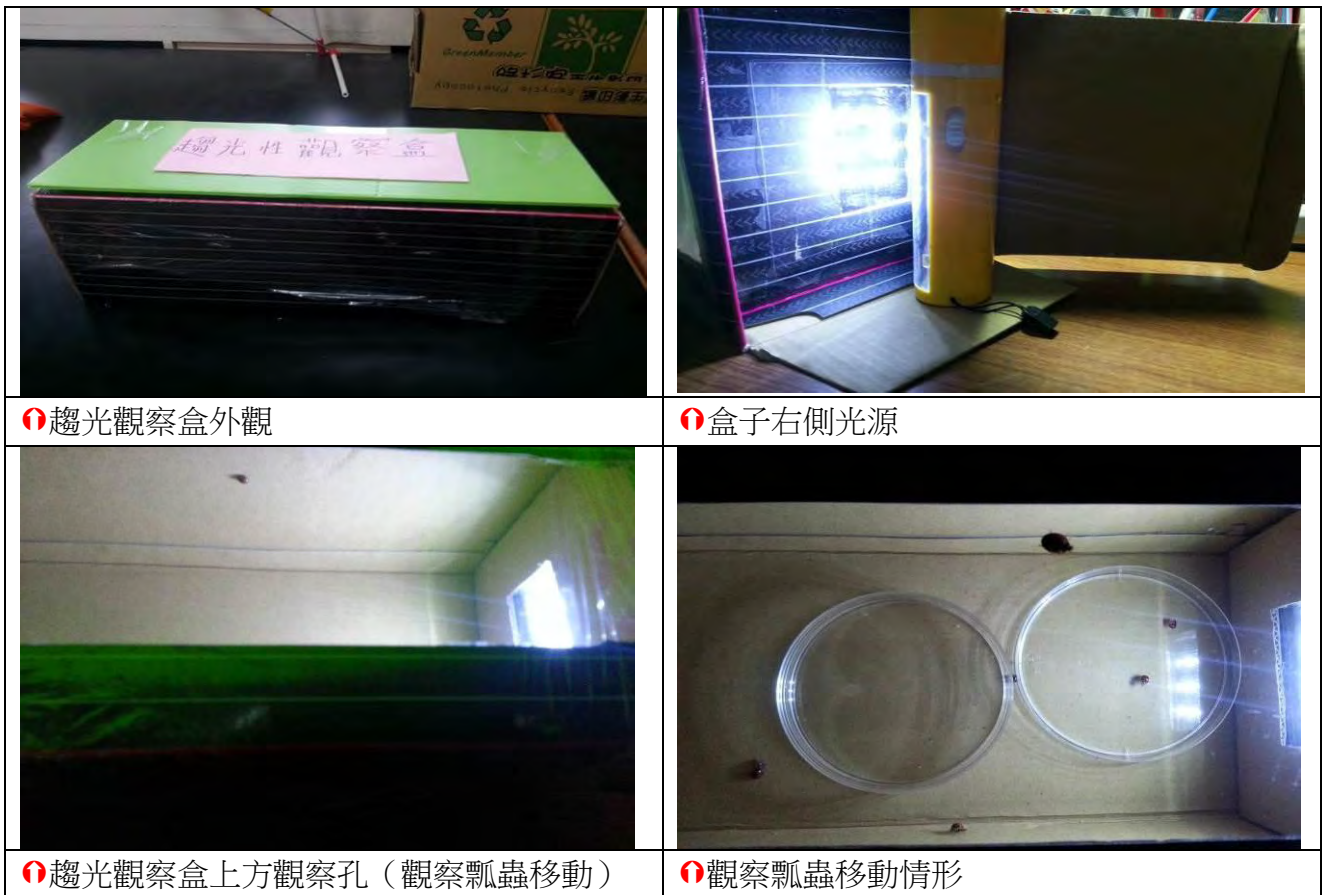


圖 10：黃瓢蟲對明暗光線變化反應比較圖



研究 2-2：瓢蟲對於對單一色光的趨向性為何？

【研究構想】：從研究 2-1 發現瓢蟲具有趨光性。我們心想瓢蟲對不同顏色的光，會產生怎樣的行為呢？我們同樣利用「趨光觀察盒」進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 器材準備：自製單一色光趨光觀察盒（請參閱伍、研究設備及器材之二實驗設計）。
2. 將 10 隻六條瓢蟲放入培養皿（有蓋），放入趨光觀察盒一端。
3. 利用色光產生器產生紅光，放置於將色光偏好實驗裝置。
4. 放置 1 小時後，觀察六條瓢蟲分佈位置。
5. 重複實驗 5 次。
6. 改用綠光、藍光、黃光，重複實驗步驟 2.~4.。
7. 將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

1. 六條瓢蟲有 78% 會趨向藍光移動；而黃瓢蟲有 50% 會趨向藍光移動。
2. 六條瓢蟲有 54% 會朝向黃光移動；而黃瓢蟲有 50% 會趨向黃光移動。
3. 六條瓢蟲有 50% 會朝向綠光移動；而黃瓢蟲有 42% 會趨向綠光移動。
4. 六條瓢蟲僅有 4% 會朝向紅光移動；而黃瓢蟲有 52% 會朝向紅光移動。
5. 結果表 9、圖 11-12。

【實驗結果與討論】：

六條瓢蟲對藍光有較高的趨向性，而對紅光的趨向性較低。而黃瓢蟲對這四種色光趨向性較無明顯差異，推測無光的環境下，只有光就能吸引黃瓢蟲。

表 9:六條瓢蟲對單一色光趨向比較表

項目/次別		第 1 次		第 2 次		第 3 次		第 4 次		第 5 次		平均	
		隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比
六條瓢蟲	黃光	6	60	3	30	6	60	5	50	7	70	5.4	54
	綠光	5	50	6	60	5	50	6	60	3	30	5	50
	藍光	5	50	8	80	9	90	8	80	9	90	7.8	78
	紅光	0	0	0	0	0	0	1	10	1	10	0.4	4
黃瓢蟲	黃光	5	50	5	50	5	50	4	40	6	60	5	50
	綠光	3	30	5	50	7	70	3	30	3	30	4.2	42
	藍光	6	60	5	50	4	40	6	60	4	40	5	50
	紅光	6	60	5	50	5	50	5	50	5	50	5.2	52

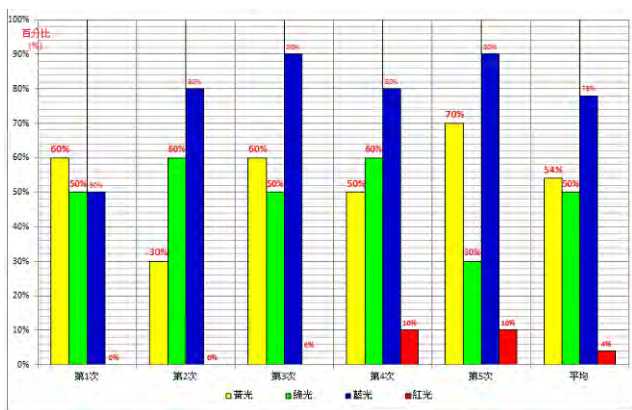


圖 11、六條瓢蟲對單一色光趨向圖

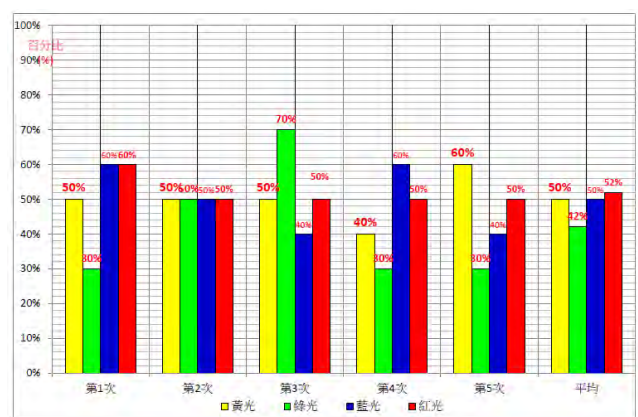


圖 12、黃條瓢蟲對單一色光趨向圖

研究 2-3：瓢蟲對於多種色光的趨向性為何？

【研究構想】：從研究 2-2 發現瓢蟲對單一色光有不同趨向。我們心想同時不同顏色的光出現時，會產生怎樣的趨向呢？我們同樣利用「色光趨向實驗裝置」進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.器材準備：色光偏好實驗裝置（與研究 2-2 相同）利用照度計控制與測量每種色光產生的亮度都為 2 勒克斯 (lux)。
- 2.將 10 隻黃瓢蟲、六條瓢蟲放入培養皿（有蓋），放入色光偏好實驗裝置。
- 3.利用色光產生器，同時產生白光、黃光、綠光、藍光、紅光，蓋上盒蓋。
- 4.放置 10 分鐘、20 分鐘後，觀察瓢蟲分佈位置。
- 5.重複實驗 5 次。
- 6.將結果畫成統計圖。



①五種顏色 LED 開啟後效果

【研究發現】：

- 1.黃瓢蟲對黃光、藍光的趨向較強；對紅光、綠光的趨向較弱。
- 2.六條瓢蟲對白光、黃光的趨向較強；對紅光、綠光的趨向較弱。
- 3.結果表 10-11、圖 13-14。

【實驗結果與討論】：

研究發現，黃瓢蟲對黃光、藍光的偏好較強；對紅光、綠光的偏好較弱。六條瓢蟲對白光、黃光的偏好較強。表示不同瓢蟲，對色光趨向不同。

表 10:黃瓢蟲對不同色光趨向比較表

次別/項目	白光		黃光		綠光		藍光		紅光	
	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比
第 1 次	3	30.00	5	50.00	0	0.00	2	20.00	0	0.00
第 2 次	2	20.00	4	40.00	0	0.00	4	40.00	0	0.00
第 3 次	3	30.00	5	50.00	0	0.00	2	20.00	0	0.00
第 4 次	2	20.00	4	40.00	0	0.00	3	30.00	1	10.00
第 5 次	4	40.00	1	10.00	1	10.00	4	40.00	0	0.00
平均	2.8	28.00	3.8	38.00	0.2	2.00	3	30.00	0.2	2.00

表 11:六條瓢蟲對不同色光趨向比較表

次別/項目	白光		黃光		綠光		藍光		紅光		暗(未進去)	
	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比	隻	百分比
第 1 次	7	70.00	1	10.00	0	0.00	1	10.00	0	0.00	1	10.00
第 2 次	6	60.00	1	10.00	0	0.00	1	10.00	0	0.00	2	20.00
第 3 次	5	55.55	3	33.33	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	11.11
第 4 次	6	60.00	3	30.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	10.00
第 5 次	5	50.00	3	30.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	20.00
平均	5.8	58.00	2.2	22.00	0	0.00	0.4	4.00	0	0.00	1.4	14.00

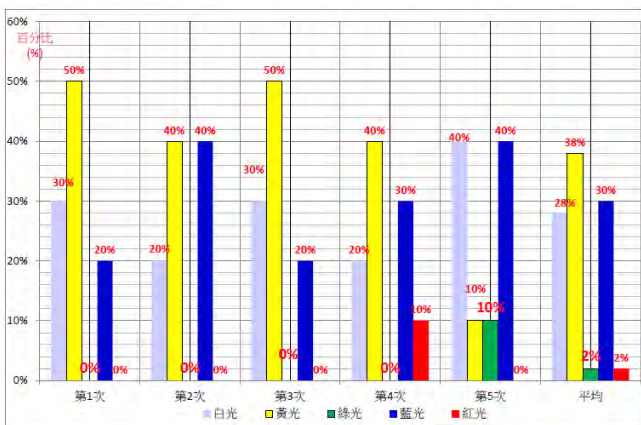


圖 13：黃瓢蟲對不同色光趨向比較圖

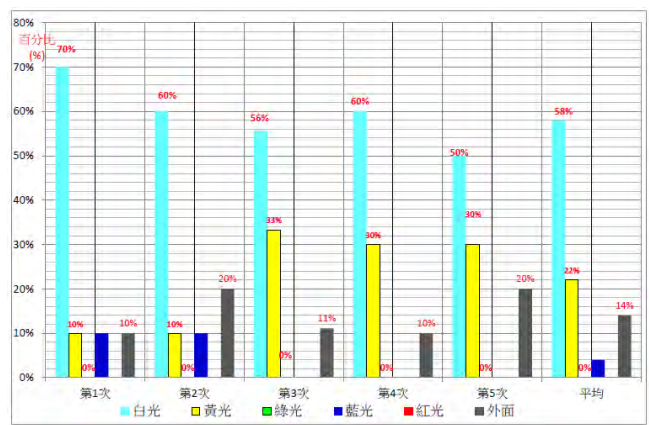


圖 14：六條瓢蟲對不同色光趨向比較圖




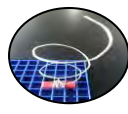
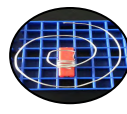
目的三、瓢蟲爬行行為大解碼

研究 3-1：瓢蟲爬行行為為何？

【研究構想】：從一些研究發現瓢蟲具有爬高的特性。我們心想瓢蟲是不是真有這樣行為呢？我們就進行以下「瓢蟲爬高的一系列實驗」。

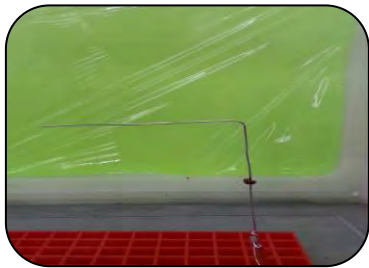
【實驗步驟】：

1. 爬高器材準備：將 30 公分鋁線，彎折成以下形狀。

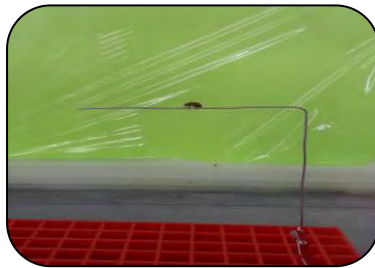
編號	①	②	③	④	⑤
形狀					
說明	直線鋁線	L 型鋁線	斜下 45 度鋁線	螺旋型鋁線	蚊香型

2. 準備六條瓢蟲 5 隻放入飼養箱備用。

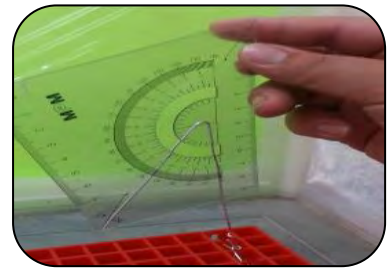
3. 將第 1 隻六條瓢蟲放在①號竿子上，鬆手讓瓢蟲沿著竿子往上爬，利用碼錶記錄瓢蟲到竿子頂端的時間。【詳見實驗觀察日誌】



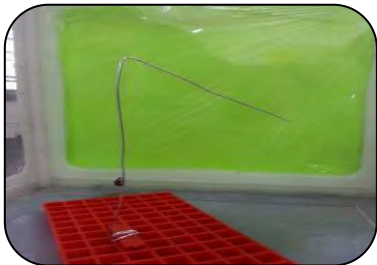
①爬 L 型竿子



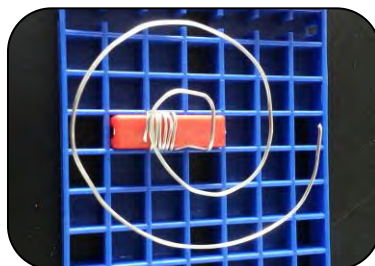
①爬 L 型竿子



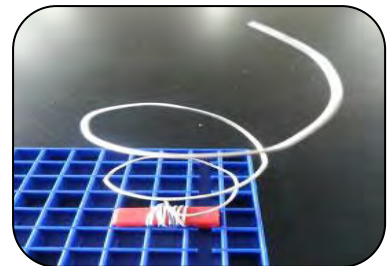
①量角器量測爬斜 45 度



①爬斜 45 度竿子



①爬蚊香型竿子



①爬螺旋型竿子

4. 重複實驗 5 次。

5. 改將第 1 隻六條瓢蟲放在②~⑤號竿子上，重複實驗步驟 3.~4.。

6. 改用第 2~5 隻六條瓢蟲①~⑥號竿子上，重複實驗步驟 3.~4.。

7. 將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

1. 六條瓢蟲爬 45 度竿子速度最快，所需的時間最短。

2. 六條瓢蟲爬蚊香型的的竿子最慢，所需的時間最長。

3. 六條瓢蟲爬行在五種不同型的竿子，速度的快慢為：45 度傾斜竿子 > 直線鋁線 > 螺旋竿子 > L 型竿子 > 蚊香型竿子。

4. 不同隻瓢蟲爬五種竿子的速度有快有慢，但都是 45 度傾斜竿子最快，蚊香型竿子最慢。

5. 六條瓢蟲爬行五種不同型的竿子，爬行路徑行為分析如下：(表 12)

- (1) 直線鉛線的爬行方式，只有 1 種行為模式：爬到頂飛走
 - (2) L 型鉛線的爬行方式，有 3 種行為模式：爬到中間往下、爬到中間停、爬到末端停。
 - (3) 45 度傾斜鉛線的爬行方式，有 4 種行為模式：爬到直竿中間停、爬到直竿頂停、爬到斜竿中間停、爬到斜竿底停。
 - (4) 螺旋型鉛線的爬行方式，有 2 種行為模式：爬到螺旋頂、爬到螺旋中間往回
 - (5) 蚊香型鉛線的爬行方式，有 2 種行為模式：全走完蚊香型就停、走在蚊香型往返來回。
5. 結果表 12-13、圖 15。

【實驗結果與討論】：

1. 不同竿子速度快慢

45度竿子速度最快，是因為往上爬為瓢蟲的行為，而蚊香型速度最慢，推測可能是因為他是平面，瓢蟲無任何驅動力讓他快速走完，而在中途來來回回走，因而最慢！

2. 爬行路徑行為

不同形狀竿子，瓢蟲表現出不同行為模式。直線竿子幾乎爬到頂飛走，這是很多昆蟲本身的爬高趨向性。但是遇到轉折時，瓢蟲便會展現出探索的模式：爬到頂飛走、中途來回、直接爬到末端...等。若竿子為平面時，瓢蟲較無向趨性促使瓢蟲爬行，因此，速度最慢。

表 12 瓢蟲爬行路徑比較一覽表



















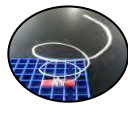
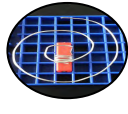
項目/次別	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	備註
 爬直線竿子						1 種行為模式
 爬 L 型竿子						3 種行為模式
 45 度傾斜						4 種行為模式
 螺旋型	往上爬到頂就停止	往上爬到頂，往下爬 1-2 公分停	往上爬到頂，往下爬一半，又往上爬到頂，再往下爬到底。	往上爬到頂，往下爬到底。	往上爬 10 公分就停止	2 種行為模式
 蚊香型	全走完就停	走了 1-2 公分往回	走了 2-3 公分飛走	走了 2 圈往回走	走到一半往回走。	2 種行為模式

表 13:瓢蟲爬行不同型竿子速度比較一覽表

項目/ (速度)	第 1 隻 瓢蟲	第 2 隻 瓢蟲	第 3 隻 瓢蟲	第 4 隻 瓢蟲	第 5 隻 瓢蟲
爬直線 竿子	2.47	4.41	2.78	3.19	3.85
爬 L 型 竿子	0.52	2.42	1.53	3.19	3.57
45 度傾 斜竿子	0.63	4.55	4.41	3.19	5.00
爬螺旋 型竿子	0.54	4.29	1.90	3.13	3.33
爬蚊香 型竿子	0.39	3.85	1.83	3.06	3.33

註：【每種竿子，每隻瓢蟲重複五次】

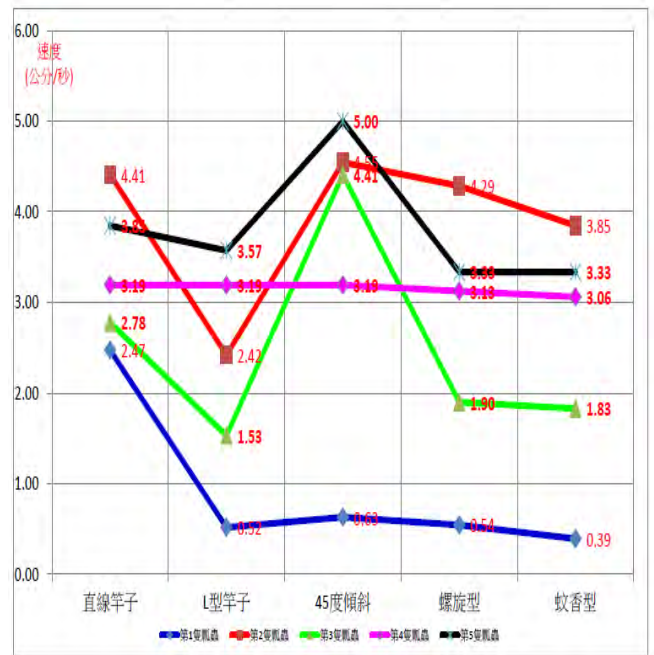


圖 15：瓢蟲爬行不同型竿子速度比較圖

研究 3-2：不同材質，對瓢蟲爬行有何影響？

【研究構想】：從 3-1 研究發現瓢蟲具有爬高的特性，而開心農場中有些植物攀爬網、支架、樹枝..等。我們心想不同材質的竿子，是否會影響瓢蟲爬行？我們就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.爬高器材準備：將 30 公分鋁線、竹籤、吸管、塑膠棒各一根。
- 2.準備六條瓢蟲 5 隻放入飼養箱備用。
- 3.將第 1 隻六條瓢蟲放在鋁線爬竿上，鬆手讓瓢蟲沿著竿子往上爬，利用碼錶記錄瓢蟲到竿子頂端的時間。
- 4.重複實驗 5 次。
- 5.改用第 2 隻六條瓢蟲放在竹籤、吸管、塑膠棒上，重複實驗步驟 3.~4.。
- 6.改用第 3~5 隻六條瓢蟲，重複實驗步驟 3.~5.。
- 7.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.瓢蟲爬鋁線較快，而爬塑膠棒較慢。
- 2.結果表 14、圖 16。

【實驗結果與討論】：

瓢蟲爬吸管較快，而爬塑膠棒較慢，推想直徑大小可能影響爬的速度，有待進一步研究。以下以同材質不同粗細竿子再繼續實驗。



不同材質竿子實驗裝置

表 14:不同材質竿子對瓢蟲爬行比較表(單位：公分/秒)

項目/ 次別	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
竹籤	1.98	1.99	1.96	1.94	1.97	1.97
鋁線	2.12	2.08	2.14	2.00	2.48	2.15
吸管	2.10	2.36	2.26	2.30	2.14	2.23
塑膠棒	0.97	1.07	1.10	0.98	0.77	0.96

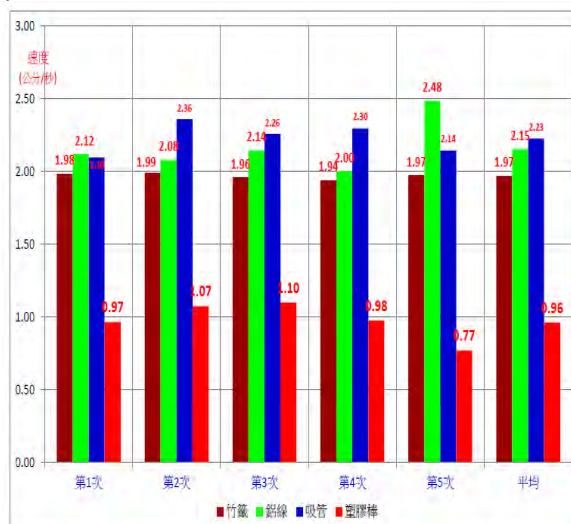


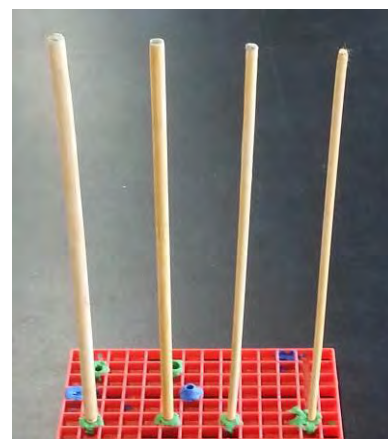
圖 16：不同材質竿子對瓢蟲爬行影響比較

【研究 3-2-1】同材質不同粗細竿子，對瓢蟲爬行有何影響？

【研究構想】：從 3-2 研究繼續研究同材質不同粗細的竿子，是否對瓢蟲會影響？我們就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.準備材質為竹子，但直徑為：4.5mm、5mm、6.5mm、8.0mm 的竿子各一根。
- 2.與實驗 3-2 步驟 1.2.相同
- 3.將第 1 隻六條瓢蟲放在直徑為 4.5mm 竿子，鬆手讓瓢蟲沿著竿子往上爬，利用碼錶記錄瓢蟲到竿子頂端的時間。
- 4.重複實驗 5 次。
- 5.改用將第 1 隻六條瓢蟲放在直徑為 5mm、6.5mm、8.0mm 竿子，讓瓢蟲沿著竿子往上爬，重複實驗 5 次。【詳見實驗觀察記錄】
- 6.改用第 3~5 號六條瓢蟲，重複實驗步驟 3.~5.。
- 7.將結果畫成統計圖。



不同粗細竿子實驗裝置

【研究發現】：

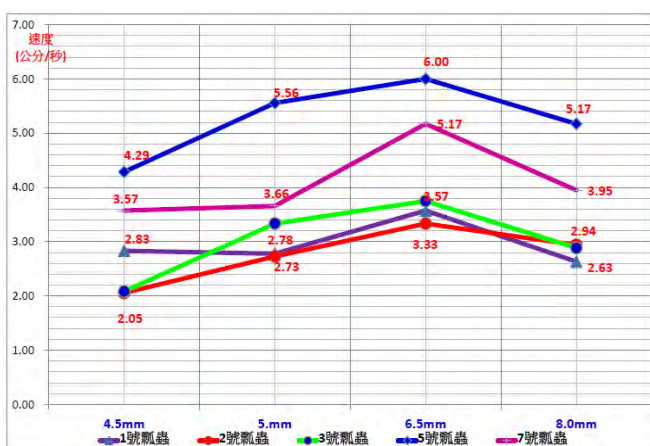
- 1.瓢蟲爬不同粗細的竹籤，爬行速度從直徑 4.5mm 逐漸增加至 6.5mm，從直徑 6.5mm 下降至 8.0mm。
- 2.結果表 15、圖 17。

【實驗結果與討論】：

瓢蟲竿速度和竿子直徑有關。由實驗發現較細的竿子爬得慢(4.5mm)，但是，太粗的竿子爬得也慢，實驗過程中以 6.5mm 竿子爬得最快。推測太粗的竿子，瓢蟲腳上的毛，較不容易附著於竿子，以致於速度慢，有待進一步觀察瓢蟲腳上細毛與竿子接觸角度、面積的情形。

表 15：同材質不同粗細竿子，對瓢蟲爬行影響

瓢蟲/直徑	4.5mm	5mm	6.5mm	8.0mm
1 號瓢蟲	2.83	2.78	3.57	2.63
2 號瓢蟲	2.05	2.73	3.33	2.94
3 號瓢蟲	2.08	3.33	3.75	2.88
5 號瓢蟲	4.29	5.56	6.00	5.17
7 號瓢蟲	3.57	3.66	5.17	3.95



註：【每種竿子，每隻瓢蟲重複五次】

圖 17：同材質不同粗細竿子對瓢蟲爬行速度影響比較

研究 3-2-2：相同材質不同乾濕竿子，對瓢蟲爬行有何影響？

【研究構想】：從 3-1, 3-2 研究發現不同材質、粗細會影響瓢蟲往上爬竿速度，但我們也很好奇當下雨時竿子潮濕時，是否會影響瓢蟲爬竿速度，因此就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 準備材質為竹子，直徑為：4.5mm、5mm、6.5mm、8mm 的竿子各一根，並放入水中浸泡。
2. 準備六條瓢蟲 10 隻放入飼養箱備用。
3. 將泡在水中直徑為 4.5mm 竿子取出，讓竿子直立在空氣中 10 秒，再固定在實驗裝置。
4. 將第 1 隻六條瓢蟲放在泡過水直徑為 4.5mm 竿子，鬆手讓瓢蟲沿著竿子往上爬，利用碼錶記錄瓢蟲到竿子頂端的時間。
5. 重複實驗 5 次。【詳見實驗觀察記錄】
6. 改用將第 1 隻六條瓢蟲放在直徑為 5mm、6.5mm、8mm 竿子，讓瓢蟲沿著竿子往上爬，重複實驗 5 次。
7. 改用第 3~5 號六條瓢蟲，重複實驗步驟 3.~5.。
8. 將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

1. 瓢蟲爬不同粗細乾濕竿子，爬行速度從直徑 4.5mm 逐漸增加至 6.5mm，從直徑 6.5mm 下降至 8.0mm。
2. 比較 3-2-1 同材質不同粗細竿子研究與本研究不同粗細的沾水竿子，發現四種不同粗細沾水竿子，都讓瓢蟲爬行速度變慢。
3. 結果表 16、圖 18-19。

【實驗結果與討論】：

從結果發現沾水竿子，讓瓢蟲爬行速度變慢。推測沾水後，瓢蟲腳上的毛與竿子黏致性增加，因而速度變慢。有待進一步研究。

表 16：同材質不同乾濕竿子對瓢蟲影響比較

瓢蟲/直徑	4.5mm	5mm	6.5mm	8.0mm
1 號瓢蟲	0.27	0.54	0.57	0.54
2 號瓢蟲	0.39	0.37	0.37	0.47
3 號瓢蟲	1.79	1.79	1.79	1.70
4 號瓢蟲	2.05	2.46	2.42	1.83
5 號瓢蟲	1.69	2.03	1.56	1.32

註：【每種竿子，每隻瓢蟲重複五次】

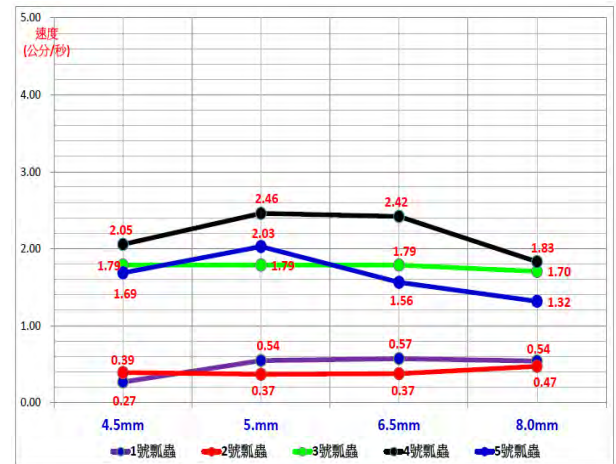


圖 18：不同粗細的乾濕竿子對瓢蟲影響比較圖

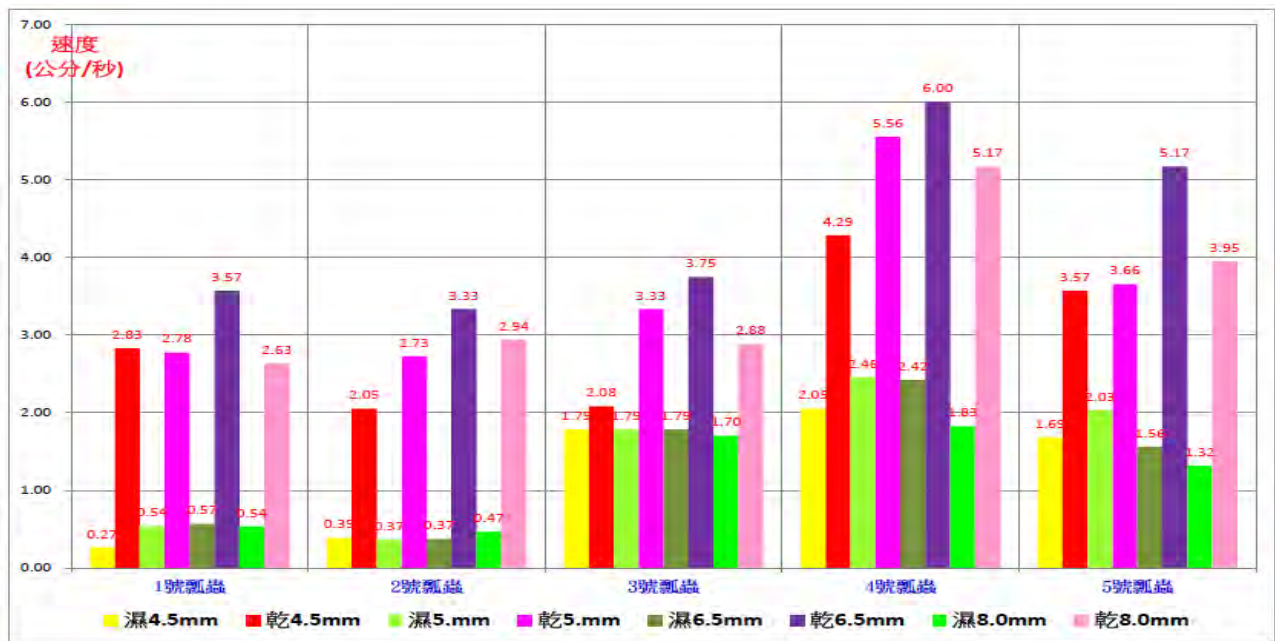


圖 19：同材質不同乾濕竿子對瓢蟲爬行影響比較

研究 3-3：瓢蟲的平衡行為為何？

【研究構想】：瓢蟲在樹枝上遇到風吹樹枝搖晃，對於瓢蟲爬行會表現怎樣的行為？我們以吸管蹺蹺板進行實驗。

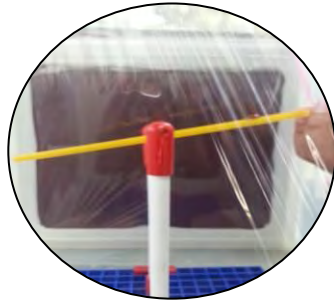
【實驗步驟】：

1. 平衡器材準備：將吸管中央穿洞，利用積木架組成吸管蹺蹺板。
2. 準備六條瓢蟲 10 隻放入飼養箱備用。
3. 將第 1 隻六條瓢蟲放在吸管蹺蹺板上，鬆手讓瓢蟲沿著吸管往上爬，利用碼錶記錄瓢蟲爬行的時間及瓢蟲路徑。
4. 重複實驗 5 次。【詳見實驗觀察記錄】
5. 改用第 2 隻六條瓢蟲放在吸管蹺蹺板上，重複實驗步驟 3.~4.。
6. 改用第 3~10 隻六條瓢蟲放在吸管蹺蹺板上，重複實驗步驟 3.~4.。

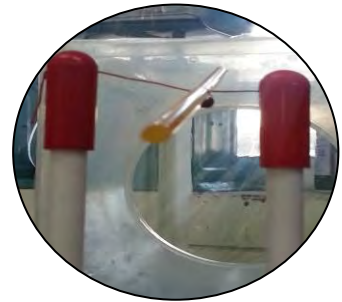
7.將結果畫成統計圖。



瓢蟲往上爬



瓢蟲往回爬



瓢蟲往支點移動

【研究發現】：

- 1.開始時瓢蟲快速衝向吸管蹺蹺板頂端，又快速往回衝，來回共四次，才從吸管蹺蹺板旁的支點離開。
- 2.瓢蟲在吸管蹺蹺板上爬行次數最多為 2-16 次。
- 3.五隻瓢蟲在蹺蹺板上爬行次數，都是第一次次數最多。
- 4.瓢蟲從吸管蹺蹺板旁的支點離開的時間，一次比一次短。**(詳見影片)**
- 5.結果表 17。



【實驗結果與討論】：

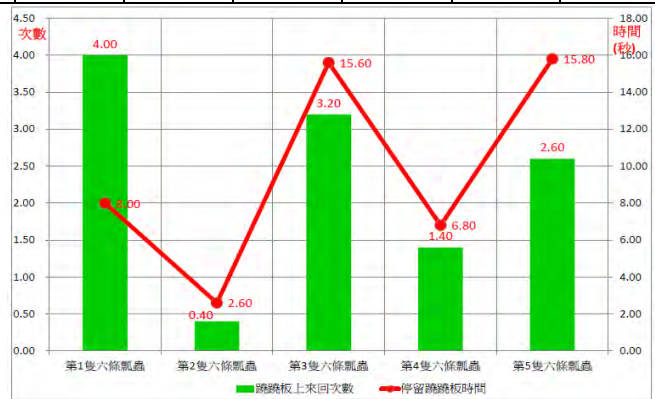
瓢蟲似乎有學習能力，爬高一、二次後，不再拼命往上爬，當察覺不斷重複爬高時，而改變爬高行為，不斷縮短爬高的距離，找到平衡點。最後找到平衡點，爬出吸管蹺蹺板。

表 17: 瓢蟲的平衡行為觀察記錄表

次別時間	第 1 隻瓢蟲		第 2 隻瓢蟲		第 3 隻瓢蟲		第 4 隻瓢蟲		第 5 隻瓢蟲	
	來回次數	時間	來回次數	時間	來回次數	時間	來回次數	時間	來回次數	時間
第 1 次	16	21	2	4	5	20	2	10	6	28
第 2 次	4	13	0	1	4	15	2	6	2	12
第 3 次	0	2	0	2	3	21	1	3	2	11
第 4 次	0	3	0	2	3	12	1	8	2	12
第 5 次	0	1	0	4	1	10	1	7	1	16
平均	4.00	8.00	0.40	2.60	3.20	15.60	1.40	6.80	2.60	15.80

備註：

- 1.從吸管蹺蹺板往上爬後到另一端後，因重力蹺蹺板往下垂後，又快速往上爬，來來回回，但每次往上距離中心點越來越近，最後從支點往旁邊爬出去。
- 2.開始時來回次很多，但之後來回次數減少。
- 3.不同瓢蟲，來會次數不同。
- 4.不同瓢蟲，在蹺蹺板上往上爬速度不同，有快慢。



研究 3-4：瓢蟲的爬高與趨光的衝突行為？

【研究構想】：根據 2-1 研究發現瓢蟲具有趨光性，而在 3-1 研究發現瓢蟲具有爬高的行為趨勢。如果同時出現直立向上的竿子與光源時，瓢蟲會產生怎樣的行為呢？我們就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

1. 爬高與趨光實驗器材準備：準備竹籤，固定在積木組上。積木組下方設置光源。
2. 準備六條瓢蟲 5 隻放入飼養箱備用。
3. 先將下方光源打開，再將第 1 隻六條瓢蟲放在竹籤上，鬆手讓瓢蟲沿著竹籤往上爬。利用碼錶記錄瓢蟲爬行的時間及瓢蟲路徑。
4. 重複實驗 5 次。
5. 改用第 2 隻六條瓢蟲放在竹籤爬竿上，重複實驗步驟 3.~4.。
6. 改用第 3~4 隻六條瓢蟲，重複實驗步驟 3.~4.。
7. 將結果畫成統計圖。



【研究發現】：

1. 一開始瓢蟲沿著竿子往上爬，爬到頂端後，看到下方有光，就開始往下爬。**【詳見影片】**
2. 下方有光時，瓢蟲停留在竿子頂端的時間較短。
3. 瓢蟲對於光的趨向性遠大於爬高的趨向性。
4. 結果表 18、圖 20。

【實驗結果與討論】：

剛開始時瓢蟲接觸到竿子，會立刻往上爬，但是，接觸到下方的光源時，對瓢蟲的吸引力較強，會拼命往光源處爬。

表 18：瓢蟲的爬高與趨光的衝突行為

瓢蟲編號	第 1 隻瓢蟲						第 2 隻瓢蟲						第 3 隻瓢蟲						第 4 隻瓢蟲					
爬行位置/次別 時間(秒)	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
爬到頂端時間	18	16	16	17	16	17	18	16	17	18	18	17	18	18	19	17	16	18	17	14	15	13	16	15
頂端停留時間	7	9	7	3	11	7	7	7	3	6	4	5	6	4	4	13	14	8	1	1	2	5	2	2
爬到頂端開始 往下時間	25	25	23	20	28	24	25	23	20	24	22	23	24	22	23	30	30	26	18	15	17	18	18	17
爬到底端時間	53	59	56	47	58	55	53	56	47	44	55	51	44	55	60	65	65	58	47	31	35	39	35	37



① 爬到竿子頂端



① 往下爬竿子



① 爬到竿子底端

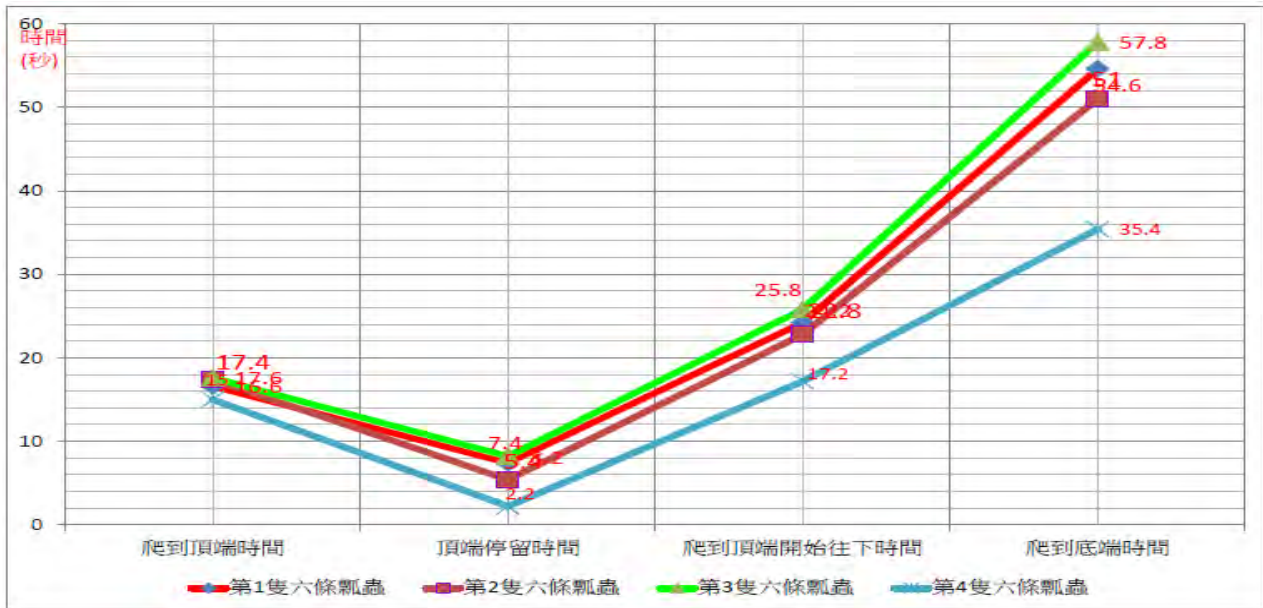


圖 20：瓢蟲的爬高與趨光的衝突行為

研究 3-5：瓢蟲的裝死行為？

【研究構想】：很多昆蟲遇到危險時，會有一些防禦的行為，而瓢蟲會以裝死來逃避敵人。瓢蟲裝死後，會經過多久甦醒呢？我們就進行以下實驗。

【實驗步驟】：

- 1.準備六條瓢蟲、七星瓢蟲各 10 隻放入飼養箱備用。
- 2.把第 1 隻瓢蟲用棉花棒，引導到一張白紙上。
- 3.利用棉花棒，輕輕碰觸瓢蟲，讓瓢蟲受到驚嚇後產生裝死行為(六腳朝天)。
- 4.利用碼錶記錄瓢蟲甦醒時間。
- 5.重複實驗 5 次。
- 6.改用第 2 隻六條瓢蟲，重複實驗步驟 3.~5.。
- 7.改用第 3~5 隻六條瓢蟲，重複實驗步驟 3.~5.。
- 8.改用七瓢蟲，重複步驟 3.~5.。
- 9.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

- 1.六條瓢蟲裝死後，甦醒時間最短需 4.52 秒，最長需 10.42 秒。
- 2.七星瓢蟲裝死後，甦醒時間最短需 9.56 秒，最長需 15.69 秒。
- 3.不管是六條瓢蟲、七星瓢蟲，同種瓢蟲甦醒時間不一樣。
- 4.結果表 19-20、圖 21-22。

【實驗結果與討論】：

不同種類瓢蟲裝死時間長短不一，七星瓢蟲甦醒的時間最久，六條瓢蟲醒的時間最快。我們認為不同亮度的光、氣溫，可能對瓢蟲裝死的行為有影響，有待後續再研究。

表 19：六條瓢蟲裝死行為甦醒時間比較

六條瓢蟲/次別	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
六條瓢蟲 1 號	6.28	2.59	4.11	5.00	4.60	4.52
六條瓢蟲 3 號	8.38	8.00	3.14	4.57	7.76	6.37
六條瓢蟲 6 號	9.44	8.28	12.90	9.81	9.41	9.97
六條瓢蟲 7 號	9.93	10.12	7.11	7.45	10.17	8.96
六條瓢蟲 8 號	8.41	9.56	10.50	11.16	12.45	10.42

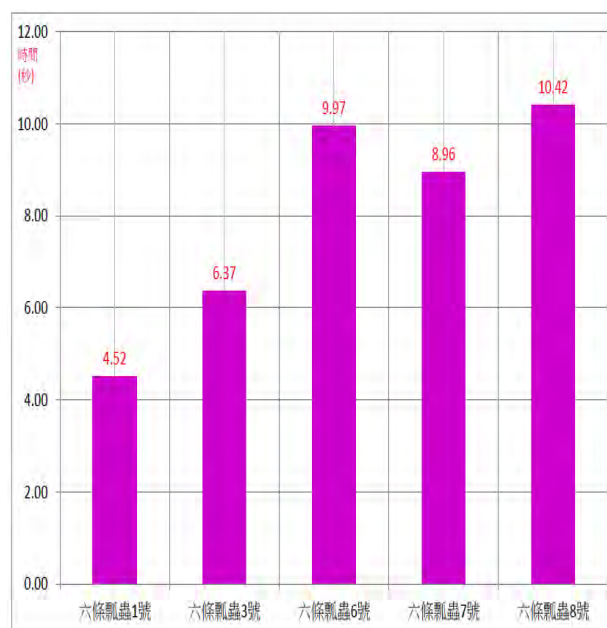


圖 21：六條瓢蟲裝死行為甦醒時間比較

表 20：七星瓢蟲裝死行為甦醒時間比較

七星瓢蟲/次別	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
七星瓢蟲 1 號	15.25	20.87	16.6	11.03	14.68	15.69
七星瓢蟲 6 號	10.21	11.09	9.15	10.22	7.37	9.61
七星瓢蟲 8 號	10.97	9.03	10.25	9.94	9.44	9.93
七星瓢蟲 9 號	9.19	10.03	10.81	8.73	10.28	9.81
七星瓢蟲 10 號	10.31	10.71	8.25	9.15	9.38	9.56

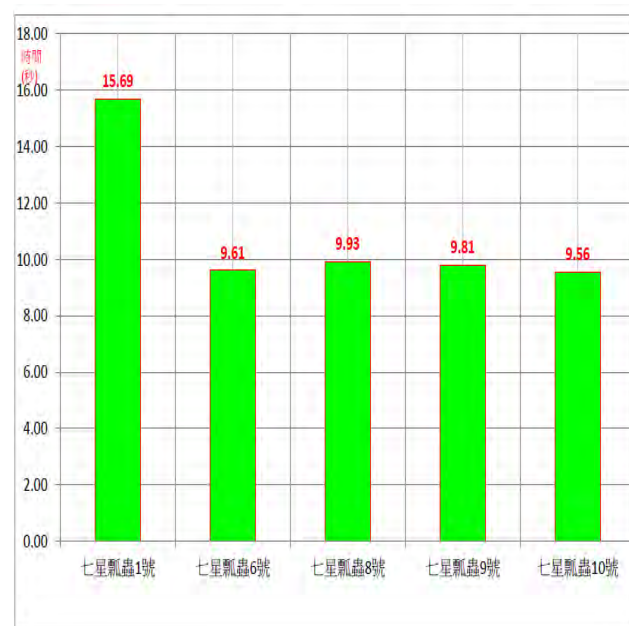


圖 22：七星瓢蟲裝死行為甦醒時間比較

目的四、瓢蟲學習能力的探討

研究 4-1：瓢蟲對於辣味反應的學習行為。

【研究構想】：瓢蟲對於辣味具有學習的能力嗎？我們就用以下一系列的實驗(圖 23)，探討瓢蟲的學習神秘面紗。首先，經前面實驗發現瓢蟲具有爬高的特性，也就是指當瓢蟲遇到竿子，瓢蟲會傾向往上爬，而到了最高點時會張開翅膀飛走。但是，瓢蟲對於不喜歡的氣味，即使有食物也傾向不會往不喜歡的氣味靠近(研究 1-3)。我們利用瓢蟲的以上兩種行為，進行以下實驗設計，研究瓢蟲的學習行為。

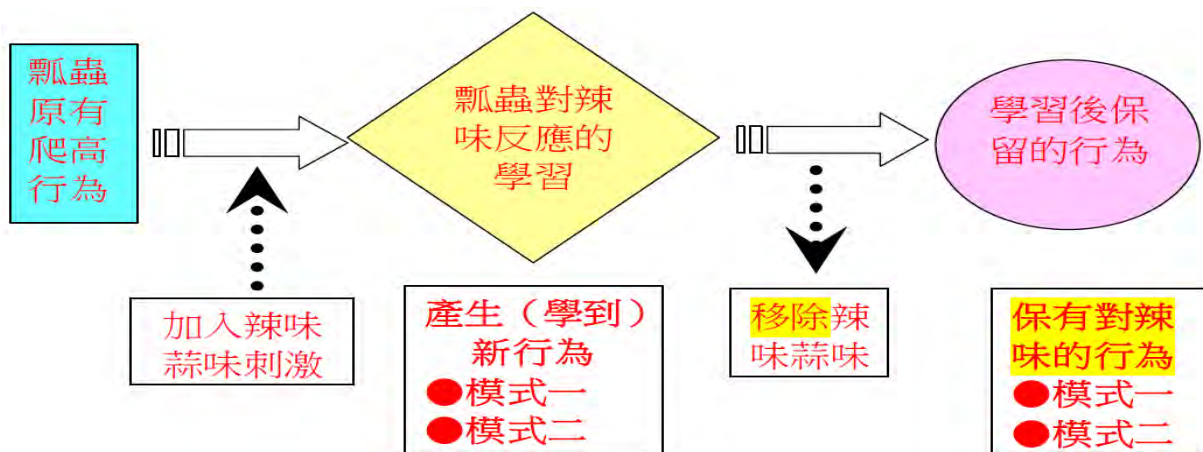


圖 23：瓢蟲學習能力的探討研究過程

■ 實驗設計～原有行為測試

【實驗步驟】：

1. 準備 30cm 的竹籤作的竿，將竿子立上積木組上。
2. 將瓢蟲放置於竿子下端，讓瓢蟲往上爬至竿頂。
3. 利用碼錶記錄瓢蟲爬至竿頂的時間，並記錄爬行過程變化。
4. 重複實驗 5 次。
5. 練習後，將瓢蟲放入培養皿，作為下一階段用。
6. 將結果畫製成表格及統計圖。

【實驗結果】：

1. 瓢蟲爬到竿子頂端後，展翅飛翔。
2. 瓢蟲爬到頂端需要 25 秒。
3. 結果如表 21。

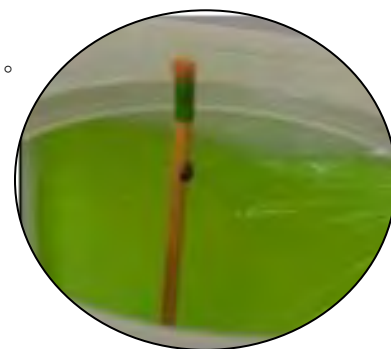
表 21：瓢蟲爬至竿頂的時間比較

項目/次別	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均
瓢蟲爬竿	25.91	25.47	26.47	26.40	24.0	25.65

■ 實驗設計～瓢蟲對辣味新行為的建立

【實驗步驟】：

1. 準備辣味氣味包：將棉花沾滿辣味，並塞入一段約 2 公分吸管。
2. 將有辣味的吸管，放在竿子頂端。
3. 將瓢蟲放置於竿子下端，讓瓢蟲往上爬至竿頂。
4. 利用碼錶記錄瓢蟲爬至竿頂的時間，並記錄爬行過程變化。
5. 重複實驗 20 次。
6. 實驗後，將瓢蟲放入培養皿，作為下一階段用。
7. 將結果畫製成表格及統計圖。



① 瓢蟲爬行辣味竿子

【實驗結果】：

1. 瓢蟲對辣味的所建立的新行為，**模式一**：爬到竿子頂端→頂端停留→往下爬→直到底，離開竿子。
2. 瓢蟲對辣味的所建立的新行為，**模式二**：爬到竿子中途→往下爬→直到底，離開竿子。
3. 瓢蟲爬到頂端停留時間，爬到頂端開始往下時間、爬到底端時間，都是一次比一次少。
4. 結果如表 22、圖 24-25。(附錄)

【討論】：

瓢蟲對辣味不喜歡，因而停留到頂端時間，一次比一次短，因而爬到底端時間越來越短。因此，辣味刺激對瓢蟲引發記憶，而減少接觸辣味時間。

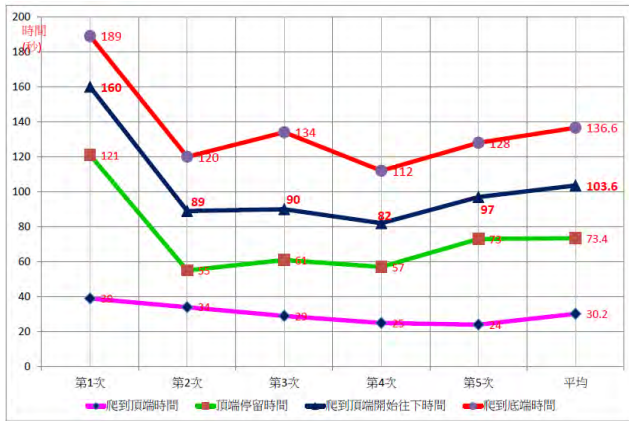


圖 24：瓢蟲對辣味新行為的建立模式一

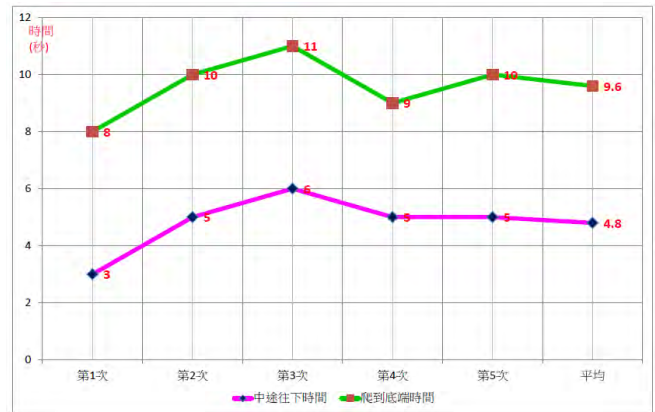


圖 25：瓢蟲對辣味新行為的建立模式二

■ 實驗設計～學習保留測試

【學習後保留】：將頂端辣椒汁液去除，每隔 5 分鐘、10 分鐘及 15 分鐘，讓瓢蟲進行爬高各 5 次，觀察瓢蟲爬高行為的變化。(練習後放入培養皿)

【實驗步驟】：

- 1.將有辣味的吸管，從竿子頂端移除。
- 2.對辣味新行為的建立實驗 5 分鐘後，將瓢蟲放置於竿子下端，讓瓢蟲往上爬至竿頂。
- 3.利用碼錶記錄瓢蟲爬至竿頂的時間，並記錄爬行過程變化。
- 4.重複實驗 10 次。
- 5.對辣味新行為的建立實驗 10 分鐘後，進行步驟 2.~4.。
- 6.對辣味新行為的建立實驗 15 分鐘後，進行步驟 2.~4.。
- 7.實驗後後，將瓢蟲放入培養皿，作為下一階段用。
- 8.將結果畫製成表格及統計圖。



① 瓢蟲爬無辣味竿子

【實驗結果】：

1.瓢蟲學習辣味後保留的行為有兩種模式：

- (1)模式一：爬到竿子頂端→頂端停留→往下爬→直到底，離開竿子。
- (2)模式二：爬到竿子中途→往下爬→直到底，離開竿子。

3.兩種行為都是爬到頂端停留時間一次比一次少。

4.結果如表 23-25、圖 26-27。

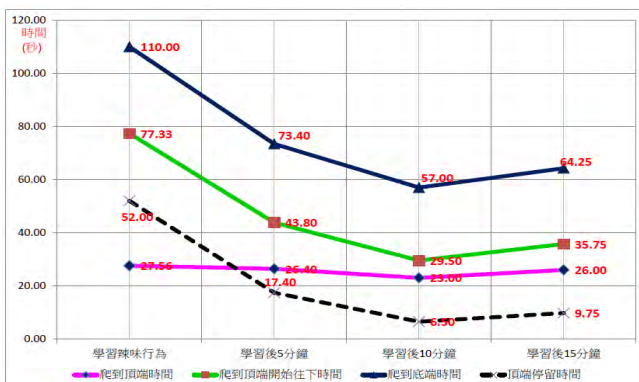


圖 26：學習行為建立之模式一 5-15 分鐘比較

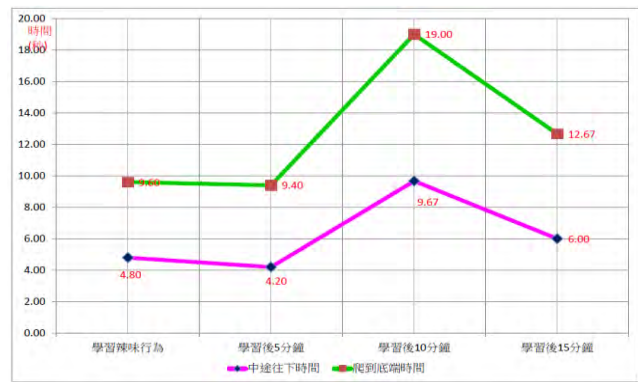


圖 27：學習行為建立之模式二 5-15 分鐘比較

研究 4-2：瓢蟲對於蒜味反應的學習行為。

【實驗構想】：改用蒜的刺激性氣味試試看！

■實驗設計～實驗前爬竿行為（與辣味相同）

■實驗設計～對蒜味新行為的建立

- 1.準備蒜味氣味包：將棉花沾滿蒜味，並塞入一段約 2 公分吸管。
- 2.將有蒜味的吸管，放在竿子頂端。
- 3.將瓢蟲放置於竿子下端，讓瓢蟲往上爬至竿頂。
- 4.利用碼錶記錄瓢蟲爬至竿頂的時間，並記錄爬行過程變化。
- 5.重複實驗 20 次。
- 6.實驗後，將瓢蟲放入培養皿，作為下一階段用。
- 7.將結果畫製成表格及統計圖。

【實驗結果】：見附錄

- 1.瓢蟲對蒜味的所建立的新行為，模式一：爬到竿子頂端→頂端停留→往下爬→直到底，離開竿子。
- 2.瓢蟲對蒜味的所建立的新行為，模式二：爬到竿子中途→張翅飛離開竿子。
- 3.瓢蟲爬到頂端停留時間，爬到頂端開始往下時間、爬到底端時間，都是一次比一次少。
- 4.結果如表 26。(附錄)

【討論】：

蒜味對瓢蟲所產的新行為，以模式二：爬到竿子中途→張翅飛離開竿子較多。推測蒜味刺激性較強，導致瓢蟲爬到竿子中途就急著張翅離開。

■實驗設計～蒜味學習保留實驗

【學習後保留】：將頂端蒜味去除，每隔 5 分鐘、10 分鐘及 15 分鐘，讓瓢蟲進行爬高各 5 次，觀察瓢蟲爬高行為的變化。(練習後放入培養皿)

【實驗步驟】：

- 1.將有蒜味的吸管，從竿子頂端移除。
- 2.對蒜味新行為的建立實驗 5 分鐘後，將瓢蟲放置於竿子下端，讓瓢蟲往上爬至竿頂。
- 3.利用碼錶記錄瓢蟲爬至竿頂的時間，並記錄爬行過程變化。
- 4.重複實驗 10 次。
- 5.對蒜味新行為的建立實驗 10 分鐘後，進行步驟 2.~4.。
- 6.對蒜味新行為的建立實驗 15 分鐘後，進行步驟 2.~4.。
- 7.實驗後後，將瓢蟲放入培養皿，作為下一階段用。
- 8.將結果畫製成表格及統計圖。

【實驗結果】：

1.瓢蟲學習蒜味後保留的行為有兩種模式：

- (1)模式一：爬到竿子頂端→頂端停留→往下爬→直到底，離開竿子。
- (2)模式二：爬到竿子中途→往下爬→直到底，離開竿子。

2.瓢蟲大部分的行為是以模式二次數較多。

4.結果如表 27-29。(附錄)

【討論】：

蒜味對瓢蟲所產的新行為，在學習後 5-15 分鐘以模式二較多。推測蒜味刺激性較強，導致瓢蟲爬到竿子中途就急著張翅離開。

柒、討論

一、開心農場中瓢蟲的種類、棲息位置的研究。

(一)開心農場中，瓢蟲的種類數量為何？

由【研究 1-1】的研究發現，開心農場瓢蟲以六條瓢蟲佔 68.04%最多，其次為龜紋變異佔 7.53%。八條變異、黑胸兼食瓢蟲為最少。推測這個季節較六條瓢蟲適合生存。經由相關研究，發現六條瓢蟲

(二)開心農場中，不同種類的瓢蟲棲息位置為何？

由【研究 1-2】的研究發現，開心農場瓢蟲以棲息在蘿蔔葉佔 81.48%最多，其次為高麗菜葉、包心白菜葉佔 7.04%。瓢蟲以「蚜蟲」為食，因此，棲息在蚜蟲較多的植物上。經實際觀察蘿蔔葉、高麗菜葉、包心白菜，發現的確有許多蚜蟲。至於紅蔥、大蒜、萘菜等植物未發現有瓢蟲，是否是因這些植物具有特殊氣味，使瓢蟲不敢靠近，由【研究 1-3】不同氣味對瓢蟲棲息分佈影響研究，證明「植物等具有特殊氣味，確實會使瓢蟲不敢靠近」。

(三)開心農場中，不同氣味對瓢蟲棲息位置有何影響？

由【研究 1-3】的研究發現，黃瓢蟲對塗了辣椒、大蒜氣味的葉子，100%不會靠近；六條瓢蟲對塗了辣椒氣味的葉子，有 14%會靠近覓食，大蒜的氣味的葉子，有 22%會靠近覓食。植物等具有特殊氣味，確實會使瓢蟲不敢靠近。因此，可以解釋為何棲息在蒜、辣椒的瓢蟲較少。

經查資料黃瓢蟲為食菌性瓢蟲，而六條瓢蟲以捕食蚜蟲為主，對菜農有幫助。由實驗發現對辣、蒜味排斥性極強；因此，若菜葉上發現有黃瓢蟲、六條瓢蟲，應避免噴辣味、蒜味，以達成利用生物防治減少白粉菌、蚜蟲的效果！

二、瓢蟲對趨光行為的研究。

(四)瓢蟲對於明暗反應為何？

由【研究 2-1】的研究發現，六條瓢蟲有 90%會朝向有光的地方移動；黃瓢蟲有 92%會朝向有光的地方移動。在晚上進行瓢蟲觀察時，有利用此種特性誘捕瓢蟲。是否可行尚待繼續研究。

(五)瓢蟲對於對單一色光的趨向性為何？

由【研究 2-2】的研究發現，當單一色光出現時，六條瓢蟲有 78%會朝向藍光，54%會朝向黃光，黃瓢蟲對這四種色光趨向性較無明顯差異。

(六)瓢蟲對於多種色光的趨向性為何？

多種光出現時，瓢蟲會選擇哪種呢？由【研究 2-3】的研究發現，黃瓢蟲對黃光、藍光的偏好較強；對紅光、綠光的偏好較弱。六條瓢蟲對黃光、白光的偏好較強；對紅光、綠光的偏好較弱。結果顯示不同瓢蟲，對色光趨向性不同。

三、瓢蟲爬行行為大解碼

(七)瓢蟲爬行行為為何？

由【研究 3-1】的研究發現，六條瓢蟲爬行在各種不同型的竿子，速度的快慢為：45 度傾斜竿子 > 直線鋁線 > 螺旋竿子 > L 型竿子 > 蚊香型竿子。推測 45 度傾斜竿子速度最快，是因為往上爬為瓢蟲先天的行為，而蚊香型速度最慢，可能是因為他是平面，瓢蟲無任何驅動力讓他快速走完，而在中途來來回回走，因而最慢！

在爬行路徑行為分析中發現，不同型竿子，瓢蟲表現出不同行為模式。直竿子幾乎爬到頂飛走，這是很多昆蟲本身的爬高趨性。但是遇到轉折時，瓢蟲便會展現出探索的模式：爬到頂飛走、中途來回、直接爬到末端…等。若竿子為平面時，瓢蟲較無趨性促使瓢蟲爬行，因此，速度最慢。

(八)不同材質，對瓢蟲爬行有何影響？

由【研究 3-2】的研究發現，瓢蟲爬鋁線較快，而爬塑膠棒較慢。推想直徑較小爬

得快，直徑較大爬得慢。而由【研究 3-2-1】以同材質不同粗細竿子的研究發現，不同粗細的竹籤，瓢蟲爬行速度從直徑 4.5mm 逐漸增加至 6.5mm，從直徑 6.5mm 下降至 8.0mm。推測太粗的竿子，瓢蟲腳上的毛，較不容易附著於竿子，以致於速度慢，有待進一步觀察瓢蟲腳上細毛與竿子接觸角度、面積的情形。

當下雨時竿子潮濕時，是否會影響瓢蟲爬竿速度？由【研究 3-2-2】以同材質不同粗細的乾濕竿子的研究發現，四種不同粗細沾水竿子，都讓瓢蟲爬行速度變慢。推測沾水後，瓢蟲腳上的毛與竿子黏致性增加，因而速度變慢。有待進一步研究。

(九)瓢蟲的平衡行為為何？

由【研究 3-3】的研究發現，開始時瓢蟲快速衝向吸管蹺蹺板頂端，又快速往回衝，來回共四次，才從吸管蹺蹺板旁的支點離開。瓢蟲從吸管蹺蹺板旁的支點離開的時間，一次比一次短。結果顯示瓢蟲對吸管蹺蹺板爬，而產生學習平衡行為。當察覺不斷重複爬高時，而改變爬高行為，不斷縮短爬高的距離，找到平衡點。

推測瓢蟲似乎有學習能力，爬高一、二次後，不再拼命往上爬，當察覺不斷重複爬高時，而改變爬高行為，找到平衡點，爬出吸管蹺蹺板。

(十)瓢蟲的爬高與趨光的衝突行為？

當爬高與光的吸引，同時出現時，瓢蟲會傾向哪一種行為呢。由【研究 3-4】的研究發現，一開始瓢蟲沿著竿子往上爬，爬到頂端後，看到下方有光，就開始往下爬。瓢蟲對於光的趨向性遠大於爬高的趨向性。

(十一)瓢蟲的裝死行為？

由【研究 3-5】的研究發現，不同種類瓢蟲，裝死時間長短不一。六條瓢蟲裝死後，甦醒時間最短需 4.52 秒，最長需 10.42 秒。七星瓢蟲裝死後，甦醒時間最短需 9.56 秒，最長需 15.69 秒。七星瓢蟲甦醒的時間最久，六條瓢蟲醒的時間最快。我們認為不同亮度的光、氣溫，可能對瓢蟲裝死的行為有影響，有待後續再研究。

四、瓢蟲學習能力探討

(十二)瓢蟲對於辣味、蒜味反應的學習行為。

由【研究 4-1】的研究發現，瓢蟲對辣味的所建立的新行為，分為模式一：爬到竿子頂端→頂端停留→往下爬→直到底，離開竿子；模式二：爬到竿子中途→往下爬→直到底，離開竿子。而且瓢蟲爬到頂端停留時間，爬到頂端開始往下時間、爬到底端時間，都是一次比一次少。瓢蟲對辣味不喜歡，因而停留到頂端時間，一次比一次短，因而爬到底端時間越來越短。因此，辣味刺激對瓢蟲引發記憶，而減少接觸辣味時間。而對辣味的學習保留研究發現，瓢蟲學習辣味後保留的行為與建立的新行為相同。同樣都是保留學到對辣的行為：模式一與模式二。

瓢蟲對辣味與蒜味學習行為一樣嗎？由【研究 4-2】的研究發現，瓢蟲對蒜味的所建立的新行為，為模式一：爬到竿子頂端→頂端停留→往下爬→直到底，離開竿子。模式二：爬到竿子中途→往下爬→直到底，離開竿子。與對辣味之學習反應相似。

捌、結論

- 一、開心農場瓢蟲共計有七種，以六條瓢蟲最多。
- 二、黃瓢蟲、六條瓢蟲對農作物有幫助，減少噴灑辣、蒜味，可作生物防治白粉菌、蚜蟲。
- 三、六條瓢蟲及黃瓢蟲具有趨光性；而黃瓢蟲對黃光、藍光的趨向性較強；六條瓢蟲對白光、黃光的趨向性較強。
- 四、瓢蟲對於光的趨向性遠大於爬高的趨向性。
- 五、六條瓢蟲爬行在五種不同型的竿子速度的快慢不同，爬 45 度傾斜竿子最快，蚊香型竿子最慢。
- 六、瓢蟲爬不同粗細的竹籤，爬行速度從直徑 4.5mm 逐漸增加至 6.5mm，超過直徑 6.5mm 速度變慢。

- 七、瓢蟲爬行在乾的竿子比沾水的竿子速度快。
- 八、瓢蟲對於平衡具有學習能力，爬高一、二次後，不再拼命往上爬，當察覺不斷重複爬高時，不斷縮短爬高的距離，找到平衡點。
- 九、不同種類瓢蟲裝死時間長短不同。
- 十、瓢蟲對辣味、蒜味的反應，表現兩種學習模式：**模式一**、爬到頂端（或中途飛走）再往下爬到底；**模式二**、爬到中途時往下爬。經過 5-15 分鐘，出現同樣的兩種模式。

玖、未來展望與建議

由以上研究發現，瓢蟲對氣味、趨光、色光、裝死及學習等，具有獨特性。除了讓我們增加對瓢蟲的認識，更進一步能作為生物防治之應用。以下提供未來研究的方向如下：

（一）研究器材改進

本研究所研發的**多種色光觀測盒**，雖可用來研究瓢蟲對色光的趨向性。但使用上，由於管徑稍嫌小，若數量更多的瓢蟲一起實驗，可能造成擁擠。未來建議改成管徑較粗一些的，會更適合數量較多時實驗。

（二）值得繼續研究的議題～學習行為

目前科學家已發現果蠅具有學習能力（葉偉文譯，2006），而本研究進一步發現六條瓢蟲對辣味、蒜味刺激後，具有學習能力。至於不同性別、不年齡的瓢蟲及不同種類瓢蟲，學習能力是否有差異？將會是下一個研究主題。

拾、研究心得

在這漫長幾個月中，我們除了每天澆水的時後到開心農場，還利用中午、放學後時間，以及假日到開心農場進行研究。甚至還為了觀察瓢蟲，到別的農場尋尋覓覓瓢蟲。這次科展實驗，讓我們更加瞭解瓢蟲的生活習性，及瓢蟲對色光、氣味、爬高行為和學習行為模式，未來應用在生物防治方面，可利用瓢蟲解決農民在種菜時遇到菜葉被蚜蟲啃食、或植物長滿白粉菌的問題，是非常具有潛力的研究。

在研究瓢蟲的過程中，讓我們體會到問題不斷出現。例如：實驗時，一不小心瓢蟲會飛走；氣候變冷，瓢蟲不易觀察到；實驗時瓢蟲不聽話、...等。透過小組合作提出一連串解決問題的方法，讓我們越研究越有興趣，也越學越多，研究瓢蟲真的很棒！讓我們瓢蟲研究小組，收穫滿滿！！感謝老師的協助、指導，我們會繼續研究下去，成為瓢蟲達人！也期望在全國科展中，能獲得佳績，讓我們研究小組繼續往前邁進！

拾壹、相關參考資料

1. 葉偉文譯（2006）。蘇老師化學五四三。台北：天下文化出版社。
2. 林義祥、虞國躍（2014）。瓢蟲圖鑑。台中市：晨星出版有限公司。
3. 邱政發（2005）。淺談瓢蟲飼養，苗栗區農業專訊，第二十八期（九十四年十二月）2016. 12. 1 取自 <http://www.mdais.gov.tw/ws.php?id=1597>
4. 色計瓢蟲---談六條瓢蟲的趨光及學習，第 49 屆全國中小學科展作品，國中生物科。2016.12.12 取自 <http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1111110&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=5063>（科展群傑廳）
5. 光譜和光強度對龜紋瓢蟲成蟲趨光行為的影響。2017.3.17 取自生態學報 http://www.ecologica.cn/stxb/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=stxb200810150215
6. 瓢蟲欲仙，第 47 屆-全國科展國中組生物及地球科學科。2016.12.12 取自科展群傑廳 <http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=-1&sid=2259>
7. 李季篤，瓢蟲。科學研習月刊 42-1，2016.12.12 取自科展群傑廳 <http://live.ntsec.edu.tw/LiveSupply-Content.aspx?cat=6839&a=6829&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=6913>
8. 瓢虫为什么在起飞前要爬到高处_百度知道。2017.06.15 取自 <https://zhidao.baidu.com/question/146461072.html>
9. 開心農場 - 六條瓢蟲飼養記錄，2016. 12. 1 取自 <http://blog.xuite.net/ppikachu/wretch/153863473-%E9%96%8B%E5%BF%83%E8%BE%B2%E5%A0%B4+-+%E5%85%AD%E6%A2%9D%E7%93%A2%E8%9F%B2%E9%A3%BC%E9%A4%8A%E7%B4%80%E9%8C%84>
10. 瓢蟲的飼養和應用，2016. 12. 1 取自有機農業全球資訊網，<http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/ptdetail.phtml?Part=sick-13>
11. 愛的教育，鐵的紀律--果蠅的學習與記憶能力，第 52 屆全國中小學科展作品，高中生物科。2016.12.12 取自 <http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=-1&sid=2357>（科展群傑廳）
12. 瓢蟲與蚜蟲的恩怨情仇【下課花路米 1096】2017.5.26 取自 <https://youtu.be/vvemqDclPAo>
13. 瓢虫为什么在起飞前要爬到高处_百度知道。2017.06.15 取自 <https://zhidao.baidu.com/question/146461072.html>

【評語】 080312

整體研究對農園進行實地觀察，並找出瓢蟲的趨光、爬行與學習行為的密碼，其研究廣且發現一些有趣的研究結果。

作品海報

摘要

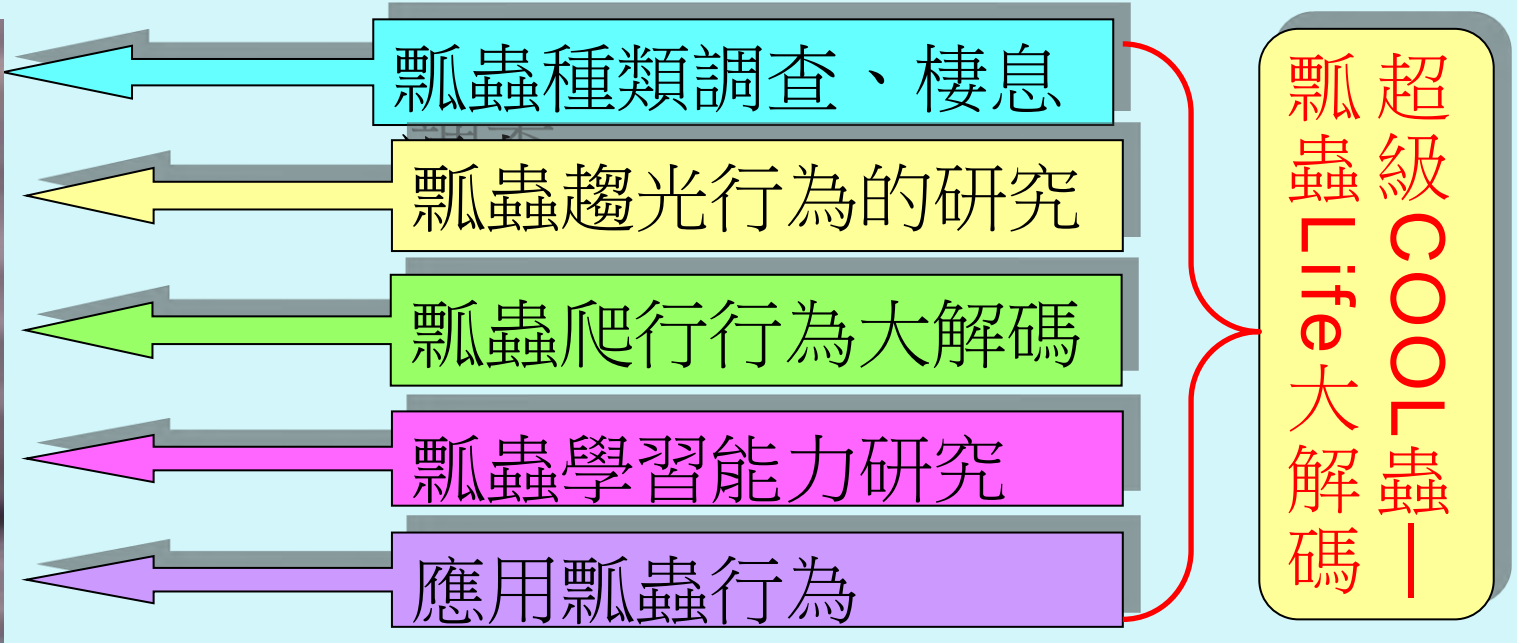
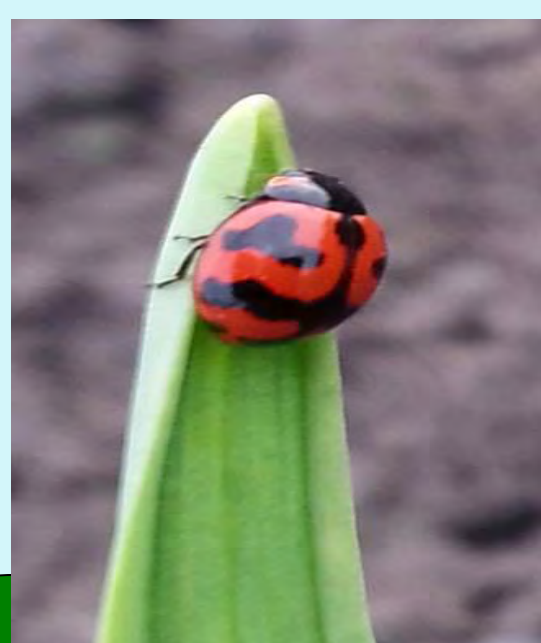
這個學期我們在開心農場種菜的過程中，發現許多瓢蟲正在吃蚜蟲。我們覺得很好奇，在老師的引導下，就進行了超級COOL蟲的研究。而為了研究瓢蟲，我們設計了氣味喜好觀察箱、色光趨性觀察盒、爬高實驗組。

研究結果發現：

- 一、開心農場瓢蟲共計有七種，以六條瓢蟲最多。
- 二、黃瓢蟲、六條瓢蟲對農作物有幫助，減少噴灑辣、蒜味，可作生物防治白粉菌、蚜蟲。
- 三、六條瓢蟲及黃瓢蟲具有趨光性；而黃瓢蟲對黃光、藍光的趨向性較強；六條瓢蟲對白光、黃光的趨向性較強。
- 四、瓢蟲對於光的趨向性遠大於爬高的趨向性。
- 五、六條瓢蟲爬行在五種不同型的竿子速度的快慢不同，爬45度傾斜竿子最快，蚊香型竿子最慢。
- 六、瓢蟲爬不同粗細的竹籤，爬行速度從直徑4.5mm逐漸增加至6.5mm，超過直徑6.5mm速度變慢。
- 七、瓢蟲爬行在乾的竿子比沾水的竿子速度快。
- 八、瓢蟲對於平衡具有學習能力，爬高一、二次後，不再拼命往上爬，當察覺不斷重複爬高時，不斷縮短爬高的距離，找到平衡點。
- 九、不同種類瓢蟲裝死時間長短不同。
- 十、瓢蟲對辣味、蒜味的反應，表現兩種學習模式：模式一、爬到頂端（或中途飛走）再往下爬到底；模式二、爬到中途時往下爬。經過5-15分鐘，出現同樣的兩種模式。

壹 研究動機

這個學期學校租了一塊田，讓我們五年級上自然課時種菜，我們把這塊田稱為「開心農場」。在種菜過程，我們在菜葉上發現了許多瓢蟲正在吃蚜蟲，引發我們的好奇心。在開心農場瓢蟲有多少種？瓢蟲喜歡怎樣的氣味？瓢蟲對不同顏色的光有怎樣的反應？瓢蟲是不是有往上爬高的行為？瓢蟲具有學習的行為嗎？...等一系列的問題產生，因此，在老師的引導下，就進行了超級COOL蟲的研究。



超級COOL蟲
Life大解碼

貳 研究目的及問題

我們針對問題，進行一系列的研究，提出以下研究問題：

目的二、瓢蟲對趨光的行為研究。

- 研究2-1：瓢蟲對於趨光的行為為何？
- 研究2-2：瓢蟲對於對單一色的光的趨向性為何？
- 研究2-3：瓢蟲對不同色光的趨向性為何？

目的三、瓢蟲爬行行為大解碼

- 研究3-1：瓢蟲爬行行為為何？
- 研究3-2：不同材質竿子，對瓢蟲爬行有何影響？
 - 研究3-2-1：相同材質不同粗細竿子，對瓢蟲爬行有何影響？
 - 研究3-2-2：相同材質不同乾濕竿子，對瓢蟲爬行有何影響？
- 研究3-3：瓢蟲的平衡行為為何？
- 研究3-4：瓢蟲的爬高與趨光的衝突？
- 研究3-5：瓢蟲的裝死行為？

目的四、瓢蟲學習能力探討

- 研究4-1：瓢蟲對於辣味反應的學習行為。
- 研究4-2：瓢蟲對於蒜味反應的學習行為。

參 文獻探討

(參閱說明書)

肆 研究架構

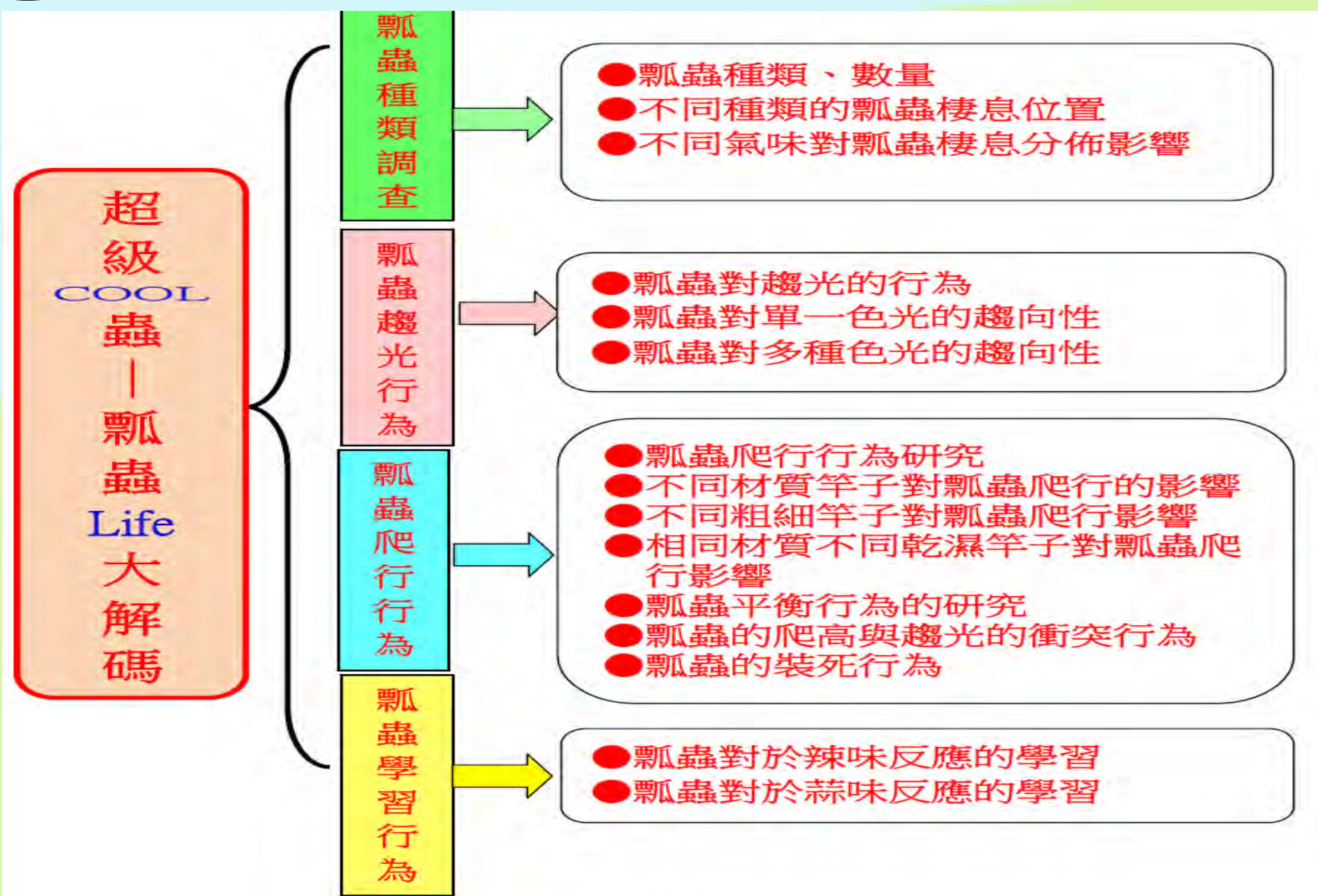


圖2 研究架構

伍 研究設備及器材

一、實驗材料：

1. 器材：碼錶（1支）、培養皿（5個）、鋁線（1捆）、紗網（1捲）、棉花棒（1盒）、保鮮膜（1捲）、鐵尺（1支）、膠帶（1支）、玻璃紙（紅黃藍各一包）、鑷子（2支）、捲尺（1支）、水族箱（5個）樂高積木組（3組）
2. 動物：瓢蟲
3. 植物：辣椒、蒜、高麗菜、蘿蔔、包心白菜

二、實驗設備：

- 熱熔膠槍（1支）、手電筒（1支）、照度計（1支）、錄影機（1台）

三、實驗裝置：

(一)自製觀察箱



(二)自製單一色光趨光觀察盒



(四)自製氣味觀察箱



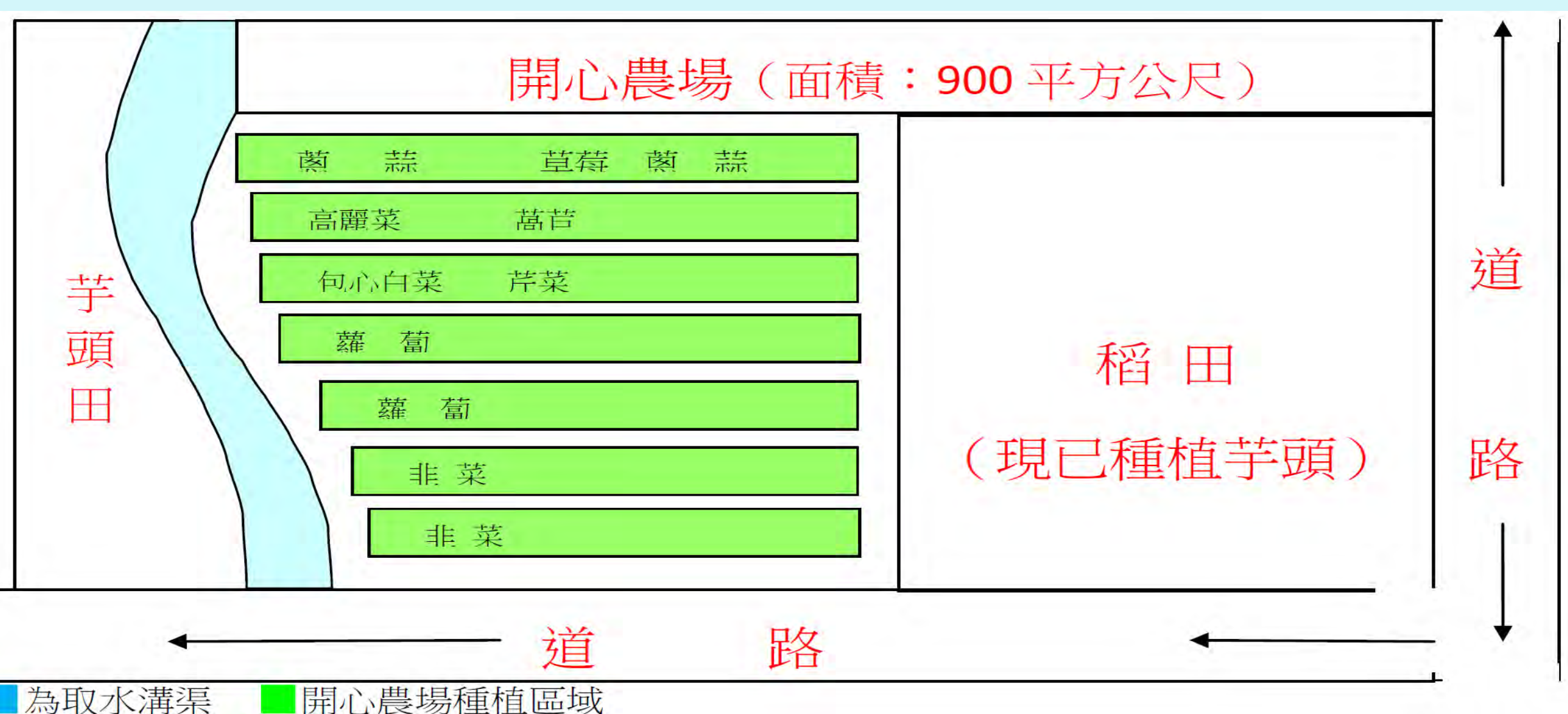
(三) 自製多種色光趨光觀察盒：



多種色光趨光觀察盒

四、研究樣區

本研究的開心農場，是指105學年度受政府委託進行食農教育的栽種園（下圖綠色部分）。在農場種植過程中，採無農藥、無化學肥料的自然生態方法種植。



為取水溝渠 開心農場種植區域

柒 研究過程與研究結果

目的一、開心農場中瓢蟲種類、食性調查研究。

研究1-1：開心農場中，瓢蟲的種類數量為何？

【研究構想】：為了知道瓢蟲的種類與數量，我們利用早上到開心農場澆水、中午午休及放學後的時間，到開心農場進行調查，觀察記錄瓢蟲種類與數量。

【實驗步驟】：

1. 器材準備：瓢蟲觀察箱、瓢蟲紀錄表、照相機。
2. 利用早上到開心農場澆水、中午午休及放學後的時間，到開心農場進行瓢蟲觀察。
3. 以開心農場為範圍，紀錄瓢蟲發現的位置（植物種類）、瓢蟲種類（畫出瓢蟲樣子）、數量【詳見實驗觀察日誌】。
4. 將瓢蟲放入瓢蟲觀察箱，觀察瓢蟲特徵，並利用瓢蟲圖鑑比對特徵（林義祥、虞國躍，2014），並mail給作者確認瓢蟲種類。
5. 將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

1. 開心農場的瓢蟲共計有七種，以六條瓢蟲有132隻，佔68.04%為最多，其次為龜紋變異有34隻佔17.53%。
2. 瓢蟲種類如表1-2、圖3。

【實驗結果與討論】：

從研究調查發現，開心農場以六條瓢蟲數量最多，後續實驗將以數量較多的六條瓢蟲進行觀察研究。



開心農場入口

開心農場菜園

開心農場 蔥蒜



105.11.03 調查



105.12.14 調查



106.03.17 調查

表1：開心農場瓢蟲種類一覽表

瓢蟲種類	數量	百分比	備註
六條瓢蟲	132	68.04%	
七星瓢蟲	17	8.76%	
六條變異	4	2.06%	
龜紋變異	34	17.53%	
八條瓢蟲	3	1.55%	
八條變異	2	1.03%	
黑胸兼食瓢蟲	2	1.03%	
合計	194	100.00%	



圖3：開心農場瓢蟲種類分佈圖

表1-1 開心農場瓢蟲種類觀察紀錄表 (續表1)

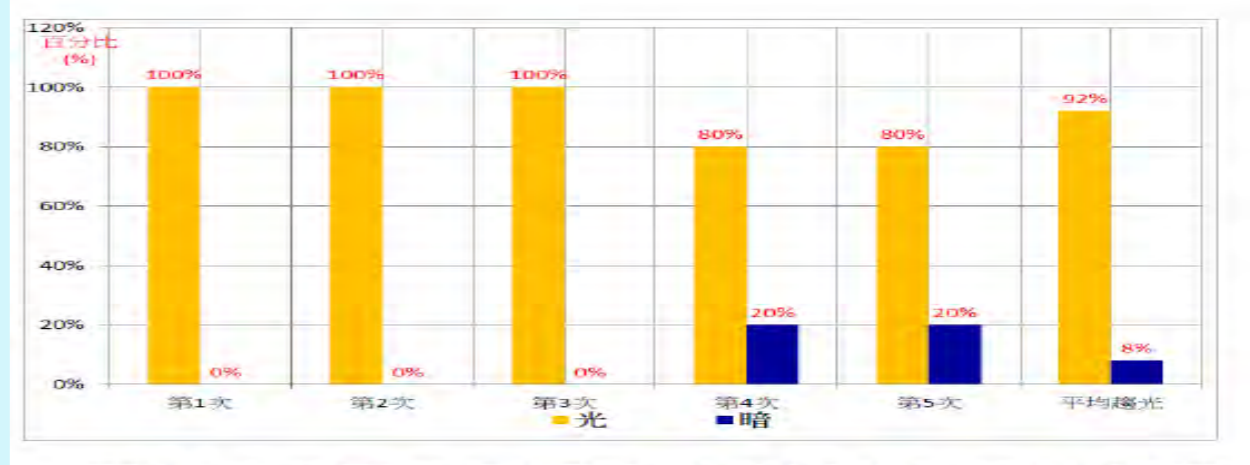
日期	時間	地點	種類	數量	備註
10/11/10	10:15:00	開心農場	黃瓢蟲	1	在菜葉上
10/11/10	10:15:00	開心農場	六條瓢蟲	1	在菜葉上
10/11/10	10:15:00	開心農場	黃瓢蟲	1	在菜葉上
10/11/10	10:15:00	開心農場	六條瓢蟲	1	在菜葉上

表1-2 開心農場瓢蟲種類觀察紀錄表 (續表2)

日期	時間	地點	種類	數量	備註
10/11/07	10:15:00	開心農場	黃瓢蟲	1	在菜葉上
10/11/07	10:15:00	開心農場	六條瓢蟲	1	在菜葉上
10/11/07	10:15:00	開心農場	黃瓢蟲	1	在菜葉上
10/11/07	10:15:00	開心農場	六條瓢蟲	1	在菜葉上

表1-3 開心農場瓢蟲種類觀察紀錄表 (續表3)

日期	時間	地點	種類	數量	備註
10/11/07	10:15:00	開心農場	黃瓢蟲	1	在菜葉上
10/11/07	10:15:00	開心農場	六條瓢蟲	1	在菜葉上
10/11/07	10:15:00	開心農場	黃瓢蟲	1	在菜葉上
10/11/07	10:15:00	開心農場	六條瓢蟲	1	在菜葉上



研究1-2：開心農場中，不同種類的瓢蟲棲息位置為何？

【研究構想】：為了知道瓢蟲的種類與數量，我們利用早上到開心農場澆水時、中午午休及放學後的時間，到開心農場進行調查，觀察記錄瓢蟲種類與棲息位置。

【實驗步驟】：
1.器材準備：瓢蟲觀察箱、瓢蟲記錄表、照相機。
2.與研究1-1步驟2-4相同，但主要在於分析瓢蟲棲息位置。
3.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

1.開心農場瓢蟲以棲息在蘿蔔葉佔81.48%最多，其次為高麗菜葉、包心白菜葉佔7.04%。
2.瓢蟲幾乎不會棲息在紅蔥、大蒜、萵菜(0%)。
3.結果表3、圖4。

【實驗結果與討論】：
從調查發現，瓢蟲以棲息在蘿蔔葉、高麗菜葉、包心白菜葉最多。經查資料發現，這些瓢蟲以「蚜蟲」為食，因此，棲息在蚜蟲較多的植物上。經實際觀察蘿蔔葉、高麗菜葉、包心白菜，發現的確有許多蚜蟲。至於紅蔥、大蒜、萵菜等植物未發現有瓢蟲，是否是因這些植物具有特殊氣味，使瓢蟲不敢靠近，我們接下來進行【研究1-3】不同氣味對瓢蟲棲息分佈影響研究。

表3：開心農場瓢蟲棲息位置紀錄

項目/數量	數量	百分比
蘿蔔葉	220	81.48%
高麗菜葉	19	7.04%
包心白菜葉	19	7.04%
大白菜	7	2.59%
萵菜	0	0.00%
芥菜	2	0.74%
龍葵	1	0.37%
地瓜葉	2	0.74%
紅蔥	0	0.00%
大蒜	0	0.00%
合計	270	100.00%



圖4：開心農場瓢蟲棲息位置分佈圖

研究1-3：開心農場中，不同氣味對瓢蟲棲息分佈有何影響？

【研究構想】：從研究1-2發現瓢蟲可能對一些有特殊氣味植物，產生趨避行為。為了研究對於紅蔥、大蒜、萵菜等有特殊氣味的植物，是否產生逃避行為，我們設計「氣味實驗盒」進行研究。

【實驗步驟】：
1.器材準備：氣味實驗盒。
2.準備兩片有蚜蟲的高麗菜葉，其中一片塗上辣椒(避免塗到蚜蟲)，分別放入氣味實驗盒兩端。
3.將10隻六條瓢蟲放入培養皿(有蓋)，放入氣味實驗盒中央。
4.打開培養皿蓋子(氣味實驗盒兩端紗網)
5.放置1天後，觀察六條瓢蟲分佈在有辣味、無辣味葉子的隻數。
6.改用兩片高麗菜葉，一片塗蒜汁，另一片不塗蒜汁，重複步驟3.~5。
7.改用黃瓢蟲，高麗菜葉改成萵苣葉，重複進行步驟3.~6。
8.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：

1.黃瓢蟲對塗了辣椒、大蒜氣味的葉子，0%會靠近；而各有42%、56%黃瓢蟲選擇沒有辣椒、大蒜的氣味的萵苣葉。
2.六條瓢蟲對塗了辣椒氣味的葉子，有14%會靠近覓食；而塗了大蒜的氣味的葉子，有22%會靠近覓食。
3.黃瓢蟲對辣、蒜味幾乎100%排斥；而六條瓢蟲對大蒜的氣味較不排斥，對辣椒較排斥。
4.結果表4-7、圖5-8。

【實驗結果與討論】：
黃瓢蟲為食菌性瓢蟲，而六條瓢蟲以捕食蚜蟲為主，對菜農有幫助。由實驗發現對辣、蒜味排斥性極強；因此，若菜葉上發現有黃瓢蟲、六條瓢蟲，應避免噴辣味、蒜味，以達成利用生物防治減少蚜蟲、白粉菌的效果！



萵苣 (蒜味實驗、對照組)

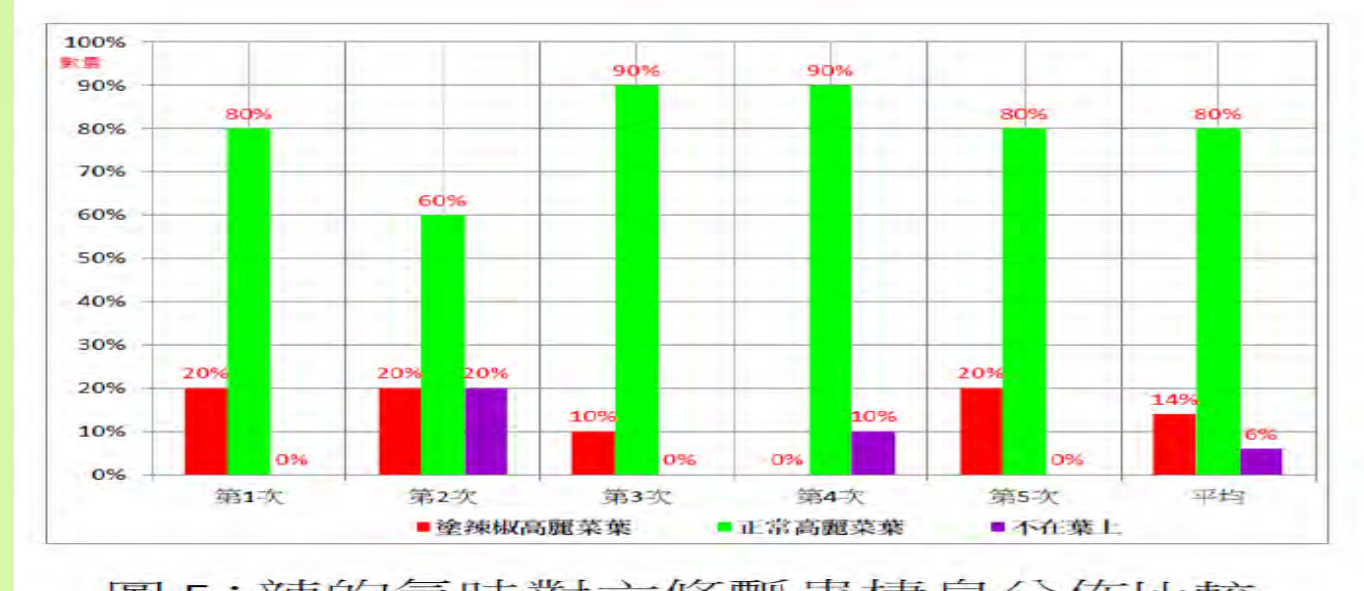


圖5：辣的氣味對六條瓢蟲棲息分佈比較

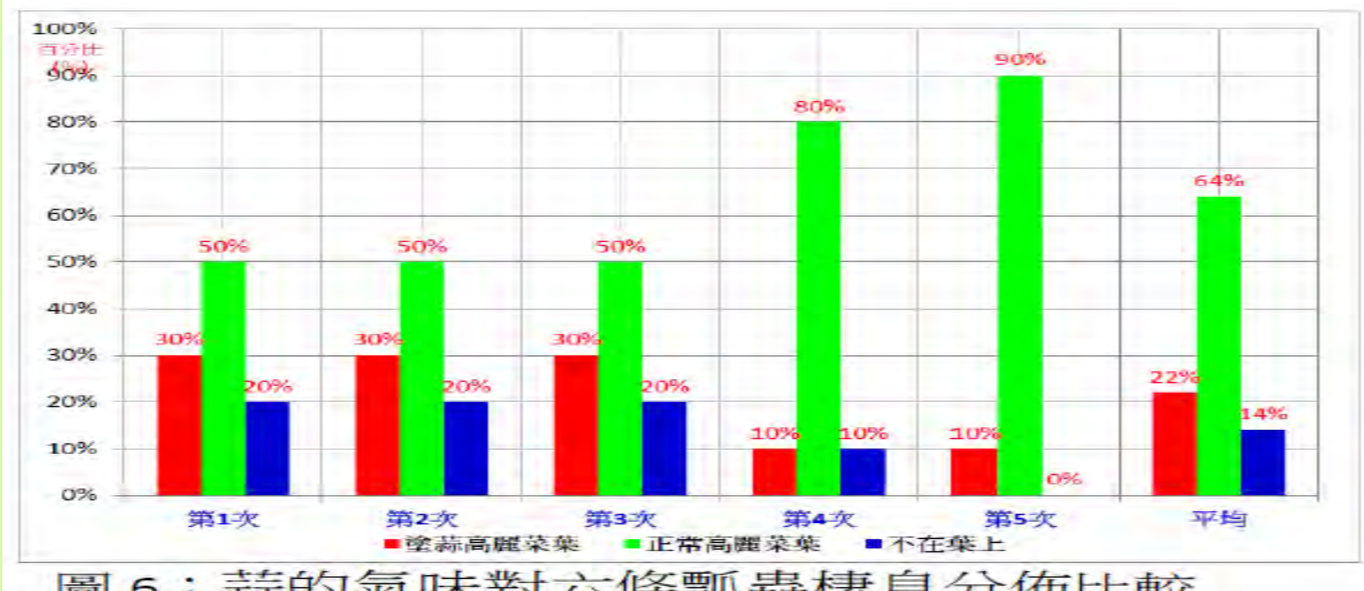


圖6：蒜的氣味對六條瓢蟲棲息分佈比較圖

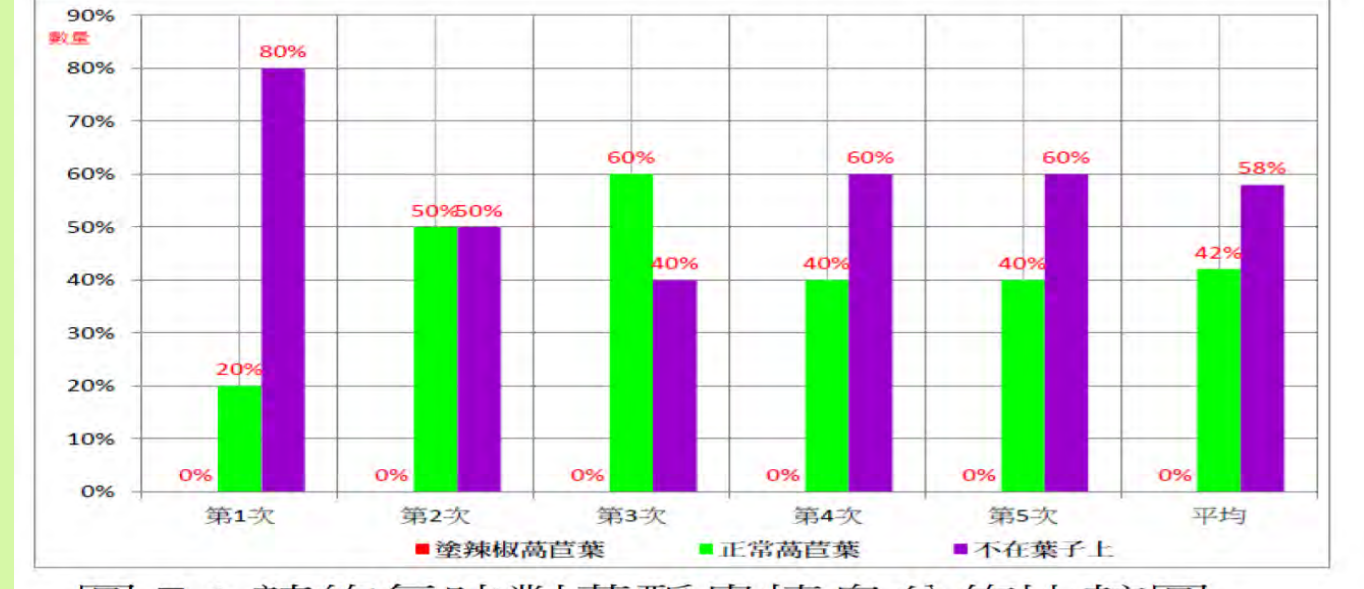


圖7：辣的氣味對黃瓢蟲棲息分佈比較圖

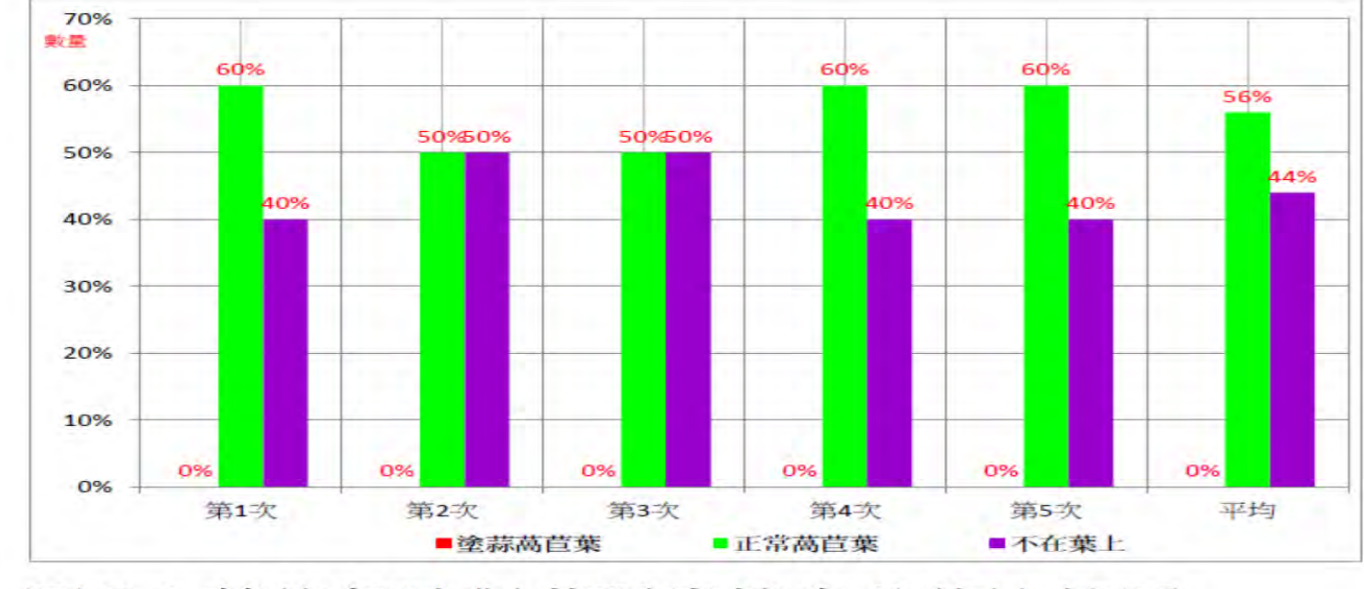
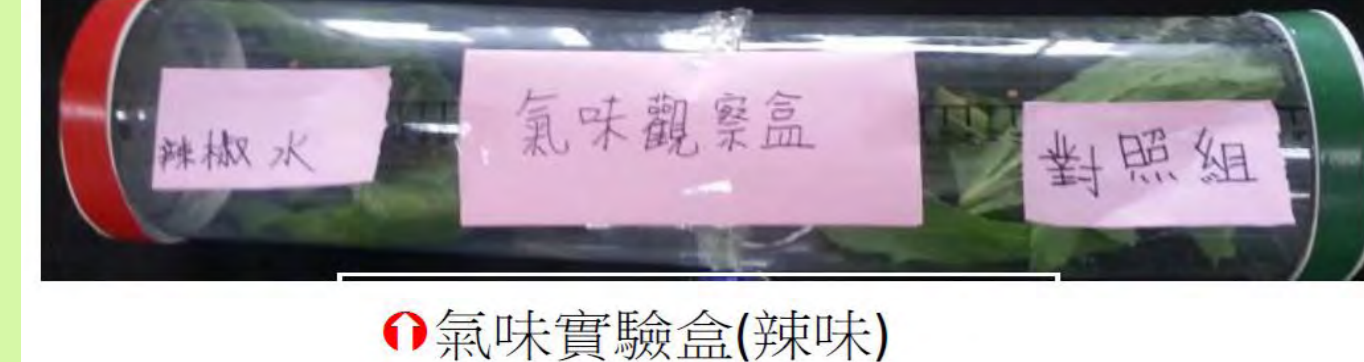
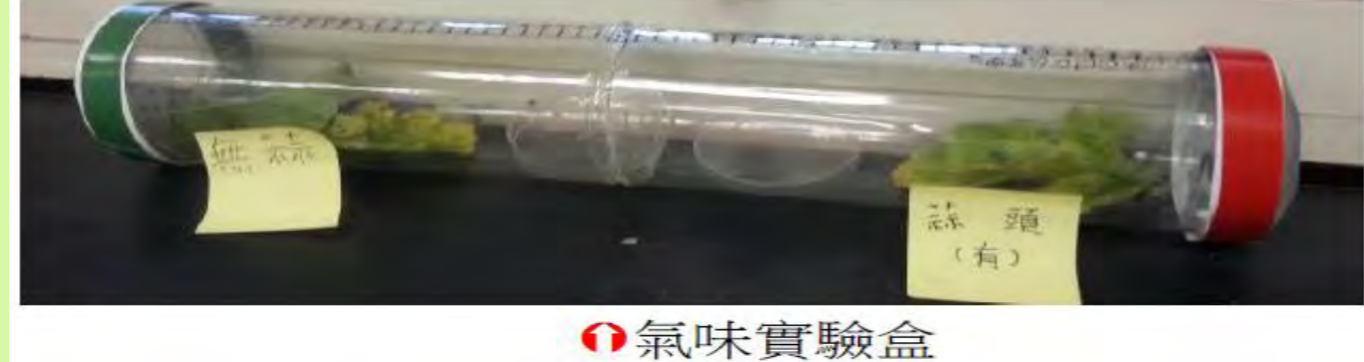


圖8：蒜的氣味對黃瓢蟲棲息分佈比較圖



氣味實驗盒(辣味)



氣味實驗盒

目的二、瓢蟲趨光行為的研究。

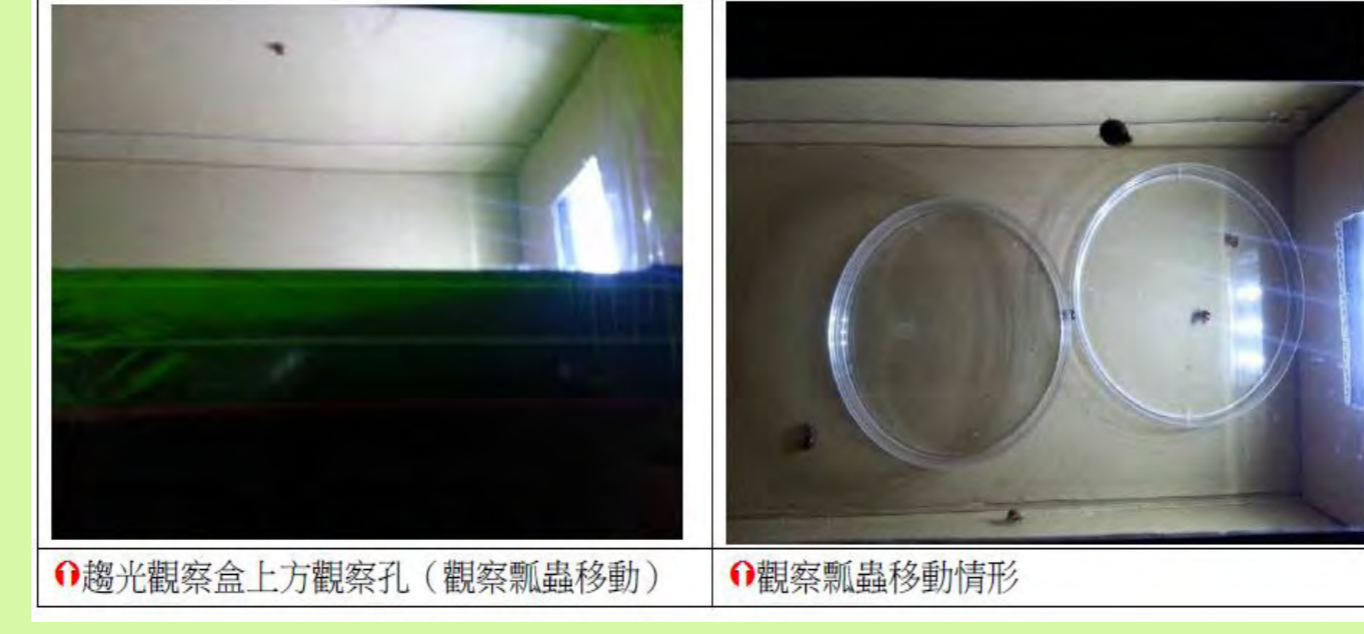
研究2-1：瓢蟲對於趨光的行為為何？

【研究構想】：昆蟲有些會有趨光行為，有些沒有趨光行為。我們心想瓢蟲對明暗的光線變化，會產生怎樣的行為呢？我們設計「趨光觀察盒」進行以下實驗。

【實驗步驟】：
1.器材準備：趨光觀察盒。
2.將10隻六條瓢蟲放入培養皿(有蓋)，放入趨光觀察盒一端。
3.將趨光觀察盒打開光源。
4.放置1小時後，觀察六條瓢蟲分佈位置。
5.重複實驗5次。
6.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：
1.六條瓢蟲有90%會朝向有光的地方移動；黃瓢蟲有92%會朝向有光的地方移動。
2.結果表8、圖9-10

【實驗結果與討論】：
六條瓢蟲、黃瓢蟲對光有趨光性，在晚上進行瓢蟲觀察時，可利用此種特性誘捕瓢蟲。是否可行尚待繼續研究。



目的三、瓢蟲爬行行為大解碼

研究3-1：瓢蟲爬行行為為何？

【研究構想】：從一些研究發現瓢蟲具有爬高的特性。我們心想瓢蟲是不是真有這樣行為呢？我們就進行以下「瓢蟲爬高的一系列實驗」。

【實驗步驟】：
1.爬高行材準備：將30公分鋁線，彎折成以下形狀。

編號	①	②	③	④	⑤
形狀					
說明	直線鋁線	L型鋁線	斜下45度鋁線	螺旋型鋁線	蚊香型

2.準備六條瓢蟲5隻放入飼養箱備用。
3.將第1隻六條瓢蟲放在①號竿子上，鬆手讓瓢蟲沿著竿子往上爬，利用碼錶記錄瓢蟲到竿子頂端的时间。【詳見實驗觀察日誌】
4.重複實驗5次。
5.改將第1隻六條瓢蟲放在②~⑤號竿子上，重複實驗步驟3.~4。
6.改用第2~5隻六條瓢蟲①~⑤號竿子上，重複實驗步驟3.~4。
7.將結果畫成統計圖。

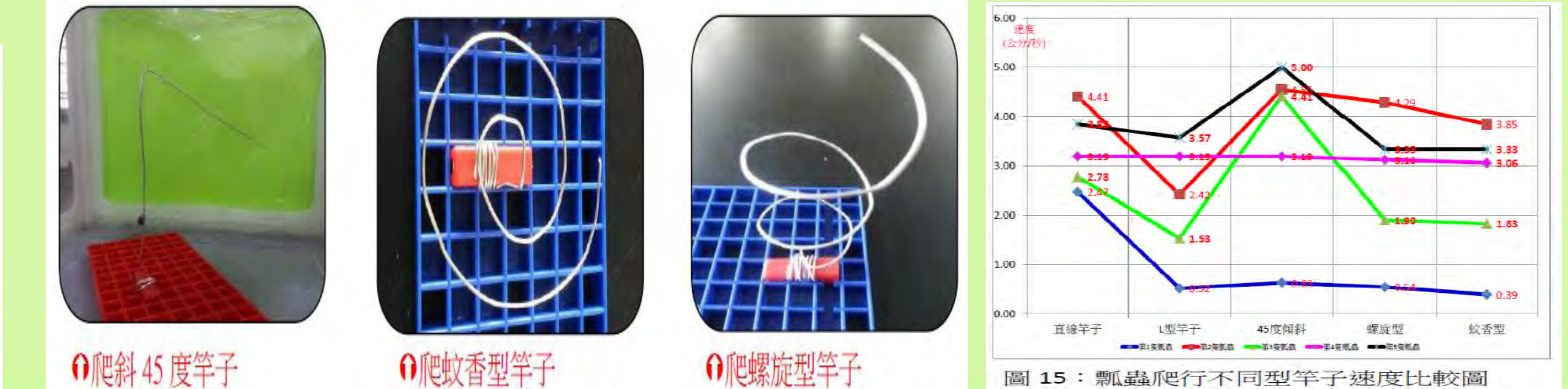
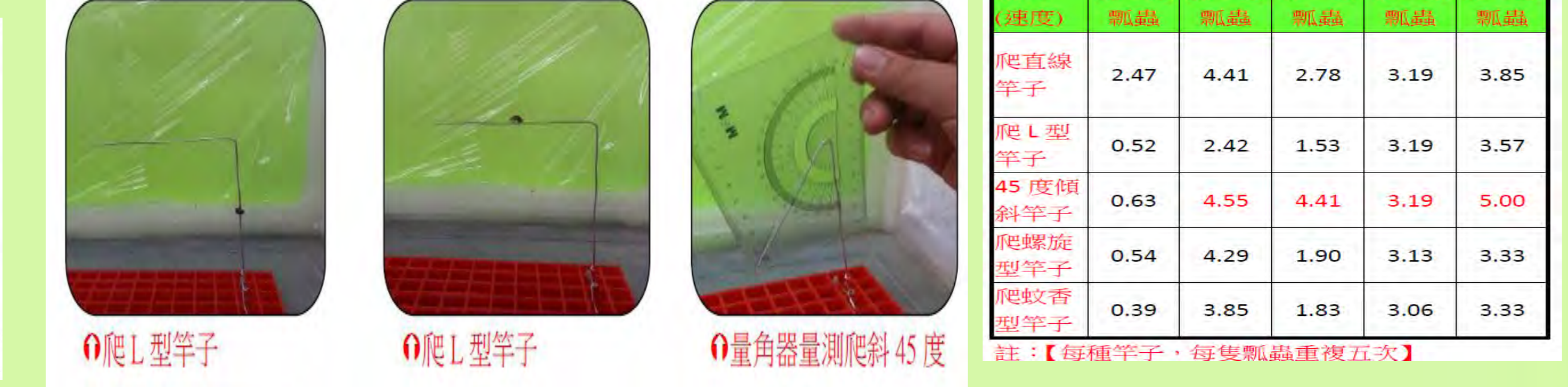


圖15：瓢蟲爬行不同型竿子速度比較圖

研究2-2：瓢蟲對於對單一色光的趨向性為何？

【研究構想】：從研究2-1發現瓢蟲具有趨光性。我們心想瓢蟲對不同顏色的光，會產生怎樣的行為呢？我們同樣利用「趨光觀察盒」進行以下實驗。

【實驗步驟】：
1.器材準備：自製單一色光趨光觀察盒(請參閱伍、研究設備及器材之二實驗設計)。
2.將10隻六條瓢蟲放入培養皿(有蓋)，放入趨光觀察盒一端。
3.利用色光產生器產生紅光，放置於將色光偏好實驗裝置。
4.放置1小時後，觀察六條瓢蟲分佈位置。
5.重複實驗5次。
6.改用綠光、藍光、黃光，重複實驗步驟2.~4。
7.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：
1.六條瓢蟲有78%會趨向藍光移動；而黃瓢蟲有50%會趨向藍光移動。
2.六條瓢蟲有54%會朝向黃光移動；而黃瓢蟲有50%會趨向黃光移動。
3.六條瓢蟲有50%會朝向綠光移動；而黃瓢蟲有42%會趨向綠光移動。
4.六條瓢蟲僅有4%會朝向紅光移動；而黃瓢蟲有52%會朝向紅光移動。
5.結果表9、圖11-12。

【實驗結果與討論】：
六條瓢蟲對藍光有較高的趨向性，而對紅光的趨向性較低。而黃瓢蟲對這四種色光趨向性較無明顯差異，推測無光的環境下，只有光就能吸引黃瓢蟲。



固定盒蓋

表9-六條瓢蟲對單一色光趨向比較表

顏色/次數	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	平均
黃光	6	6	3	3	6	5.4
綠光	5	5	6	6	5	5.4
藍光	5	5	8	8	9	7.8
紅光	0	0	0	0	1	0.4
黃瓢蟲	5	5	5	5	4	4.8
綠光	3	3	5	7	3	4.2
藍光	6	6	5	4	6	5.2
紅光	6	6	5	5	5	5.2

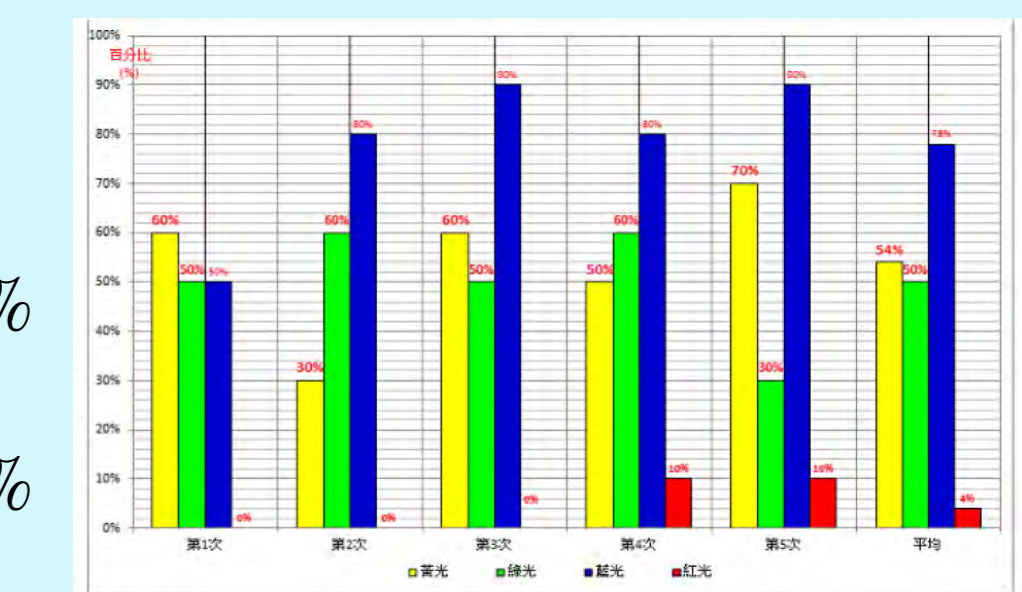


圖11：六條瓢蟲對單一色光趨向圖

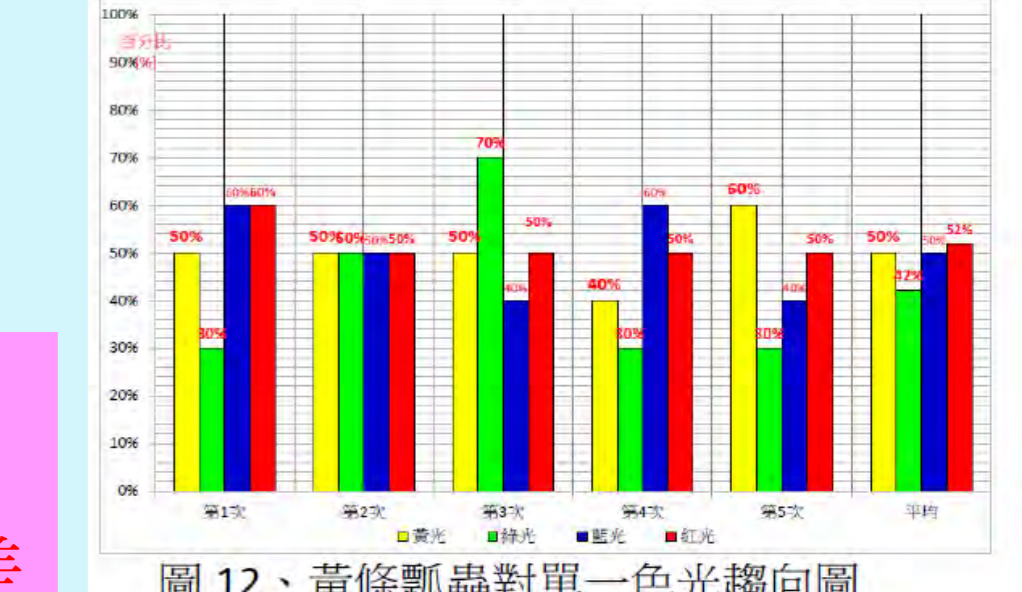


圖12：黃條瓢蟲對單一色光趨向圖

研究2-3：瓢蟲對於多種色光的趨向性為何？

【研究構想】：從研究2-2發現瓢蟲對單一色光有不同趨向。我們心想同時不同顏色的光出現時，會產生怎樣的趨向呢？我們同樣利用「色光趨向實驗裝置」進行以下實驗。

【實驗步驟】：
1.器材準備：色光偏好實驗裝置(與研究2-2相同)利用照度計控制與測量每種色光產生的亮度都為2勒克斯(lux)。
2.將10隻黃瓢蟲、六條瓢蟲放入培養皿(有蓋)，放入色光偏好實驗裝置。
3.利用色光產生器，同時產生白光、黃光、綠光、藍光、紅光，蓋上盒蓋。
4.放置10分鐘、20分鐘後，觀察瓢蟲分佈位置。
5.重複實驗5次。
6.將結果畫成統計圖。

【研究發現】：
1.黃瓢蟲對黃光、藍光的趨向較強；對紅光、綠光的趨向較弱。
2.六條瓢蟲對白光、黃光的趨向較強；對紅光、綠光的趨向較弱。
3.結果表10-11、圖13-14。

【實驗結果與討論】：
研究發現，黃瓢蟲對黃光、藍光的偏好較強；對紅光、綠光的偏好較弱。六條瓢蟲對白光、黃光的偏好較強。表示不同瓢蟲，對色光趨向不同。

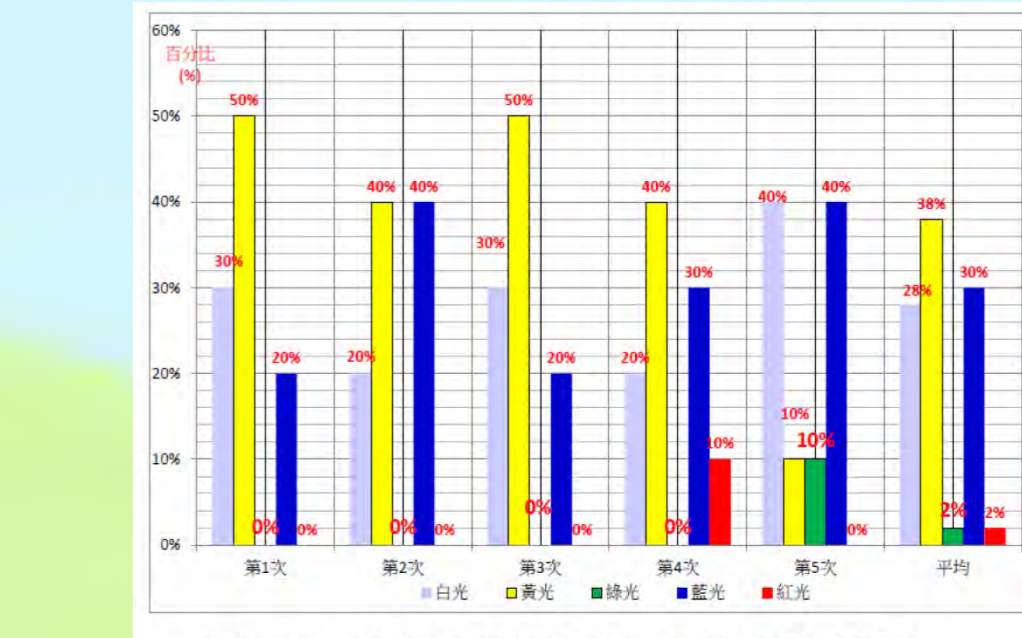


圖13：黃瓢蟲對不同色光趨向比較圖

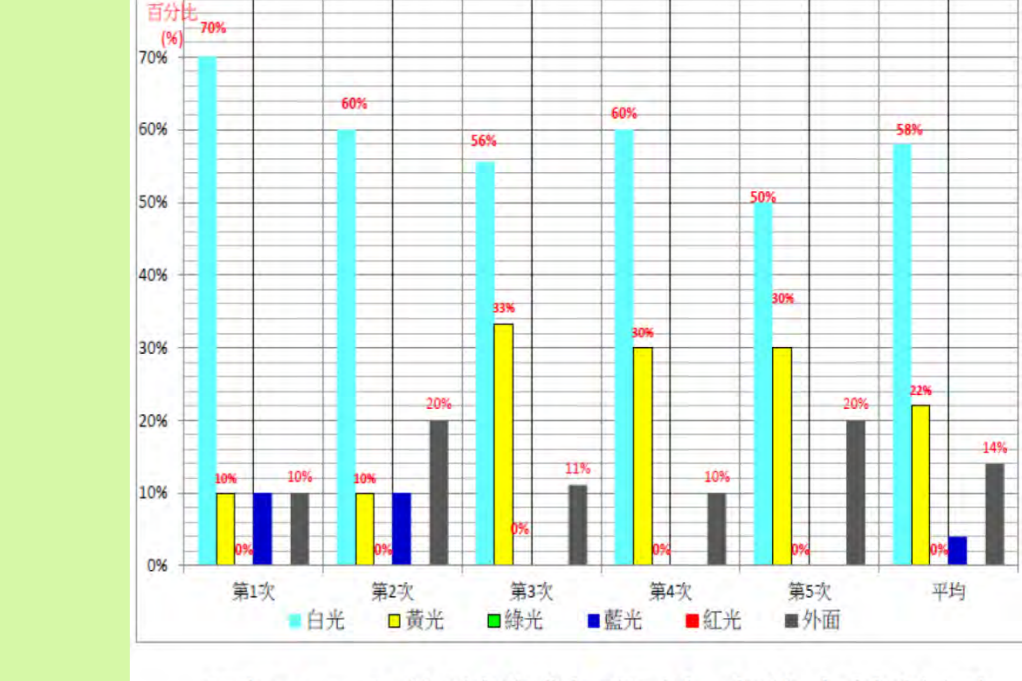


圖14：六條瓢蟲對不同色光趨向比較圖

【研究發現】：

- 六條瓢蟲爬45度竿子速度最快，所需的時間最短。
- 六條瓢蟲爬蚊香型的的竿子最慢，所需的時間最長。
- 六條瓢蟲爬行在五種不同型的竿子，速度的快慢為：45度傾斜竿子>直線鉛線>螺旋竿子>L型竿子>蚊香型竿子。
- 不同隻瓢蟲爬五種竿子的速度有快有慢，但都是45度傾斜竿子最快，蚊香型竿子最慢。
- 六條瓢蟲爬行五種不同型的竿子，爬行路徑行為分析如下：(表12)
- 結果表12-13、圖15。

表12 瓢蟲爬行路徑比較一覽表

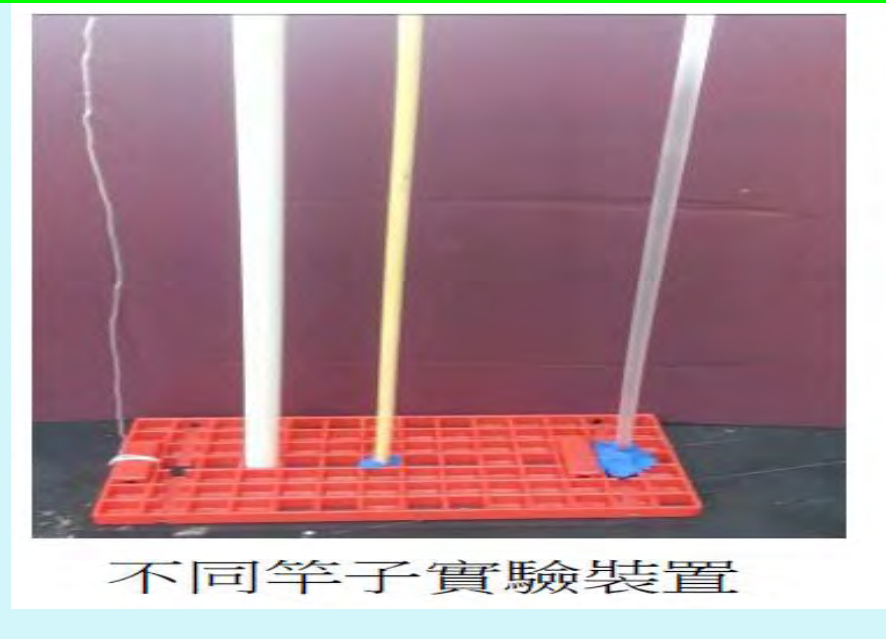
竿子類型	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	備註
直線竿子	爬到頂飛走	爬到頂飛走	爬到頂飛走	爬到頂飛走	爬到頂飛走	1種行為模式
45度傾斜	爬到頂飛走	爬到頂飛走	爬到頂飛走	爬到頂飛走	爬到頂飛走	1種行為模式
L型竿子	爬到中間往下	爬到中間停	爬到中間停	爬到中間停	爬到中間停	3種行為模式
螺旋竿子	往上爬到頂就停止	往上爬到頂，往下爬一半到頂，再往下爬到底。	往上爬到頂，往下爬一半到頂，再往下爬到底。	往上爬到頂，往下爬一半到頂，再往下爬到底。	往上爬到頂，往下爬一半到頂，再往下爬到底。	2種行為模式
蚊香型	全走完就停	走了1-2公分往回	走了2-3公分飛走	走了2圈往回	走到一半往回走。	2種行為模式

【實驗結果與討論】：

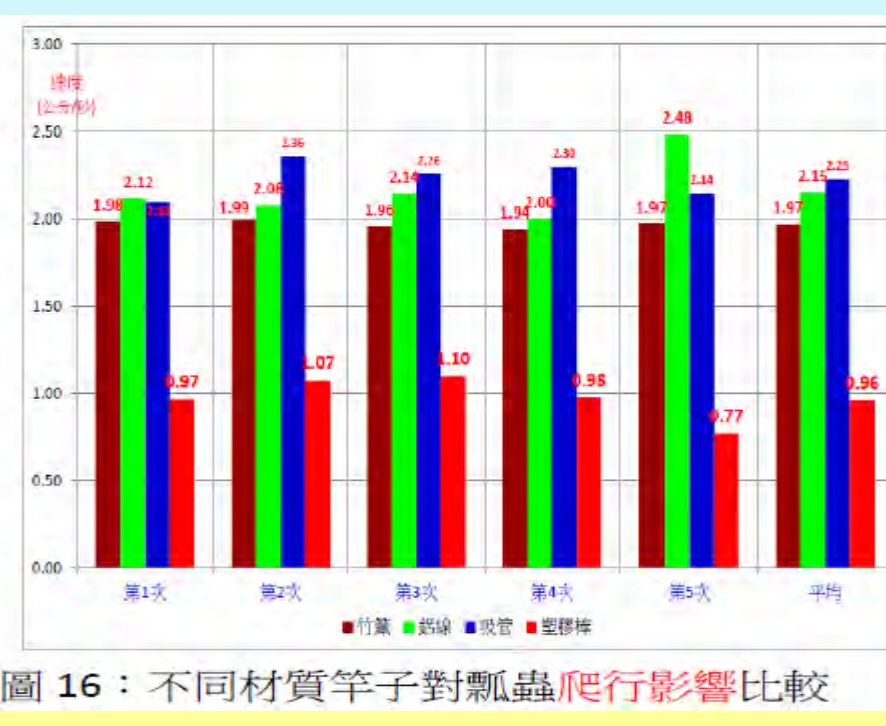
- 不同竿子速度快慢
- 45度竿子速度最快，是因為往上爬為瓢蟲的行為，而蚊香型速度最慢，推測可能是因為他是平面，瓢蟲無任何驅動力讓他快速走完，而在中途來來回回走，因而最慢！
- 爬行路徑行為
- 不同形狀竿子，瓢蟲表現出不同行為模式。直線竿子幾乎爬到頂飛走，這是很多昆蟲本身的爬高趨向性。但是遇到轉折時，瓢蟲便會展現出探索的模式：爬到頂飛走、中途來回、直接爬到末端...等。若竿子為平面時，瓢蟲較無向趨性促使瓢蟲爬行，因此，速度最慢。

研究3-2：不同材質，對瓢蟲爬行有何影響？

【研究構想】：從3-1研究發現瓢蟲具有爬高的特性，而開心農場中有些植物攀爬網、支架、樹枝..等。我們心想不同材質的竿子，是否會影響瓢蟲爬行？我們進行以下實驗。



- 【實驗步驟】：詳見說明書
- 【研究發現】：
- 瓢蟲爬鉛線較快，而爬塑膠棒較慢。
 - 結果表14、圖16。



【實驗結果與討論】：

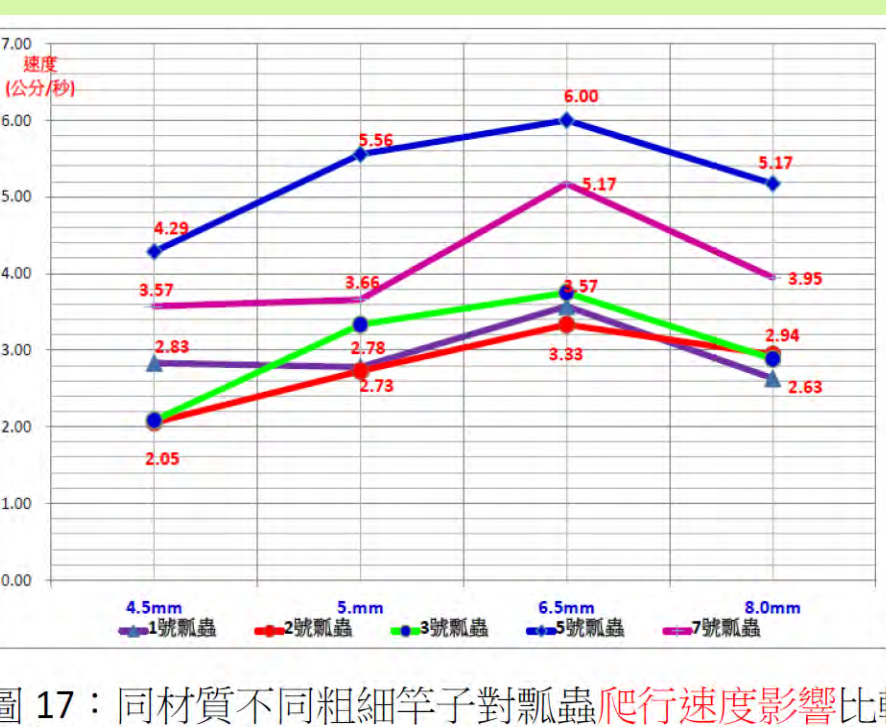
瓢蟲爬吸管較快，而爬塑膠棒較慢，推想直徑大小可能影響爬的速度，有待進一步研究。以下以同材質不同粗細竿子再繼續實驗。

【研究3-2-1】同材質不同粗細竿子，對瓢蟲爬行有何影響？

【研究構想】：從3-2研究繼續研究同材質不同粗細的竿子，是否對瓢蟲會影響？我們就進行以下實驗。



- 【實驗步驟】：詳見說明書
- 【研究發現】：
- 瓢蟲爬不同粗細的竹籤，爬行速度從直徑4.5mm逐漸增加至6.5mm，從直徑6.5mm下降至8.0mm。
 - 結果表15、圖17。

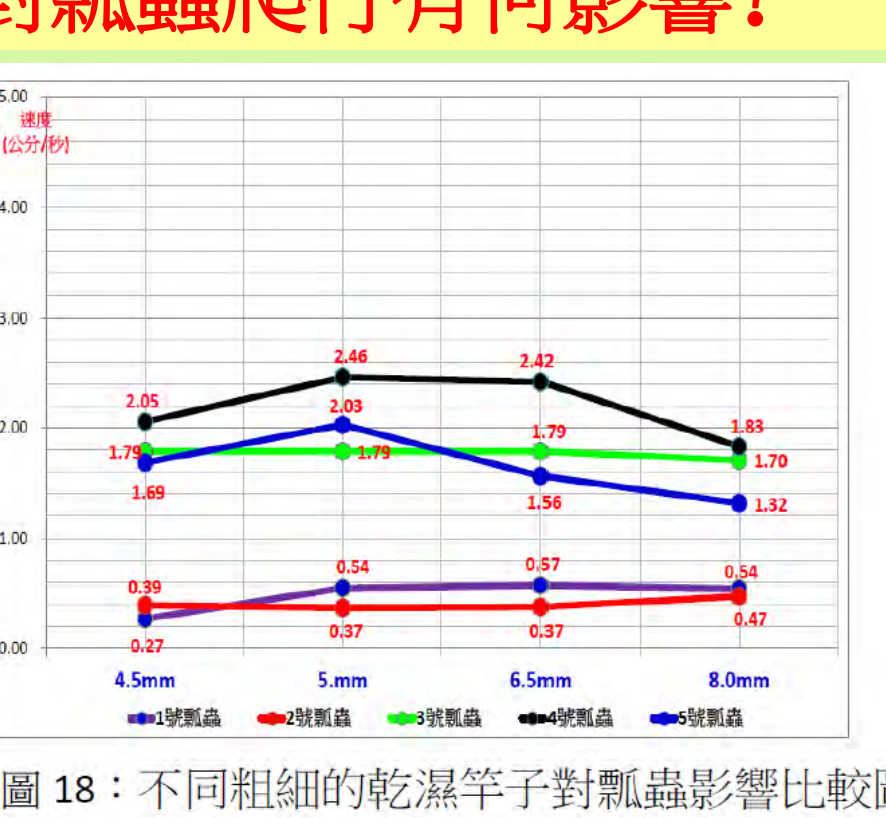


【實驗結果與討論】：

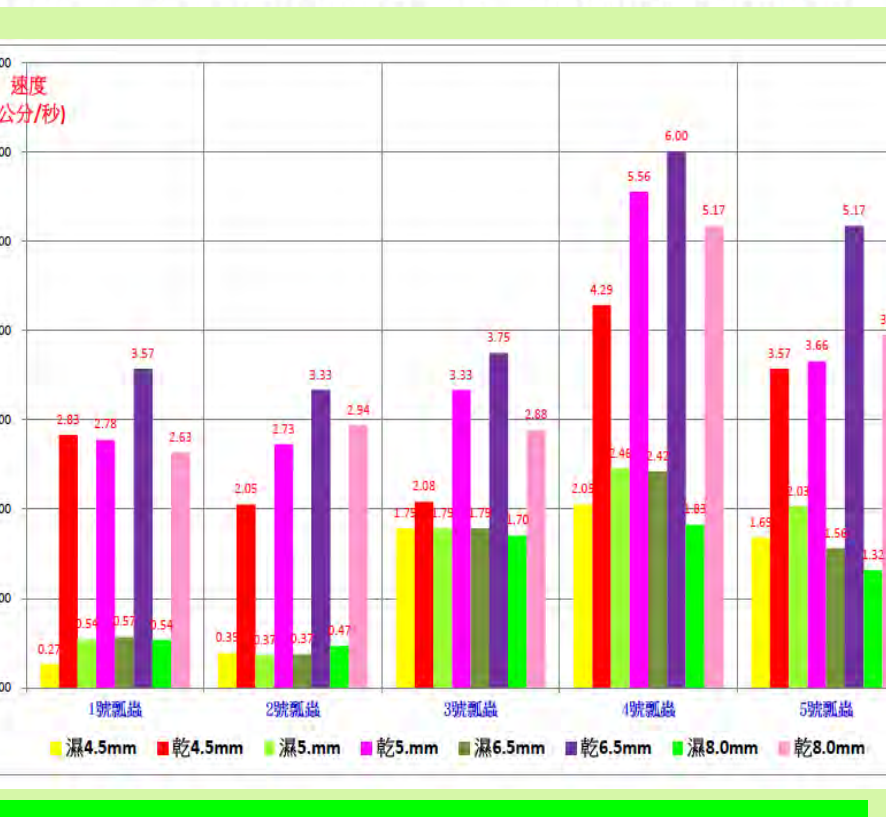
瓢蟲竿速度和竿子直徑有關。由實驗發現較細的竿子爬得慢(4.5mm)，但是，太粗的竿子爬得也慢，實驗過程中以6.5mm竿子爬得最快。推測太粗的竿子，瓢蟲腳上的毛，較不容易附著於竿子，以致於速度慢，有待進一步觀察瓢蟲腳上細毛與竿子接觸角度、面積的情形。

【研究3-2-2】相同材質不同乾濕竿子，對瓢蟲爬行有何影響？

【研究構想】：從3-1,3-2研究發現不同材質、粗細會影響瓢蟲往上爬竿速度，但我們也很好奇當下雨時竿子潮濕時，是否會影響瓢蟲爬竿速度，因此就進行以下實驗。



- 【實驗步驟】：詳見說明書
- 【研究發現】：
- 瓢蟲爬不同粗細乾濕竿子，爬行速度從直徑4.5mm逐漸增加至6.5mm，從直徑6.5mm下降至8.0mm。
 - 比較3-2-1同材質不同粗細竿子研究與本研究不同粗細的沾水竿子，發現四種不同粗細沾水竿子，都讓瓢蟲爬行速度變慢。
 - 結果表16、圖18-19。



【實驗結果與討論】：

從結果發現沾水竿子，讓瓢蟲爬行速度變慢。推測沾水後，瓢蟲腳上的毛與竿子黏致性增加，因而速度變慢。有待進一步研究。

研究3-3：瓢蟲的平衡行為為何？

【研究構想】：瓢蟲在樹枝上遇到風吹樹枝搖晃，對於瓢蟲爬行會表現怎樣的行為？我們以吸管蹺蹺板進行實驗。

表17: 瓢蟲的平衡行為觀察紀錄表

實驗次數	第1次		第2次		第3次		第4次		第5次	
	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗	成功	失敗
第1次	16	21	2	4	5	20	2	10	6	20
第2次	4	13	0	1	4	15	2	6	2	12
第3次	0	2	0	2	3	11	1	3	2	11
第4次	0	3	0	2	3	12	1	8	2	12
第5次	0	1	0	4	1	10	1	7	1	18
平均	4.00	8.00	0.40	2.60	3.20	15.60	1.40	6.80	2.60	15.80

- 【實驗步驟】：(見說明書)
- 【研究發現】：
- 瓢蟲在吸管蹺蹺板上爬行次數最多為2-16次。
 - 五隻瓢蟲在蹺蹺板上爬行次數，都是第一次數最多。
 - 瓢蟲從吸管蹺蹺板旁的支點離開的時間，一次比一次短。

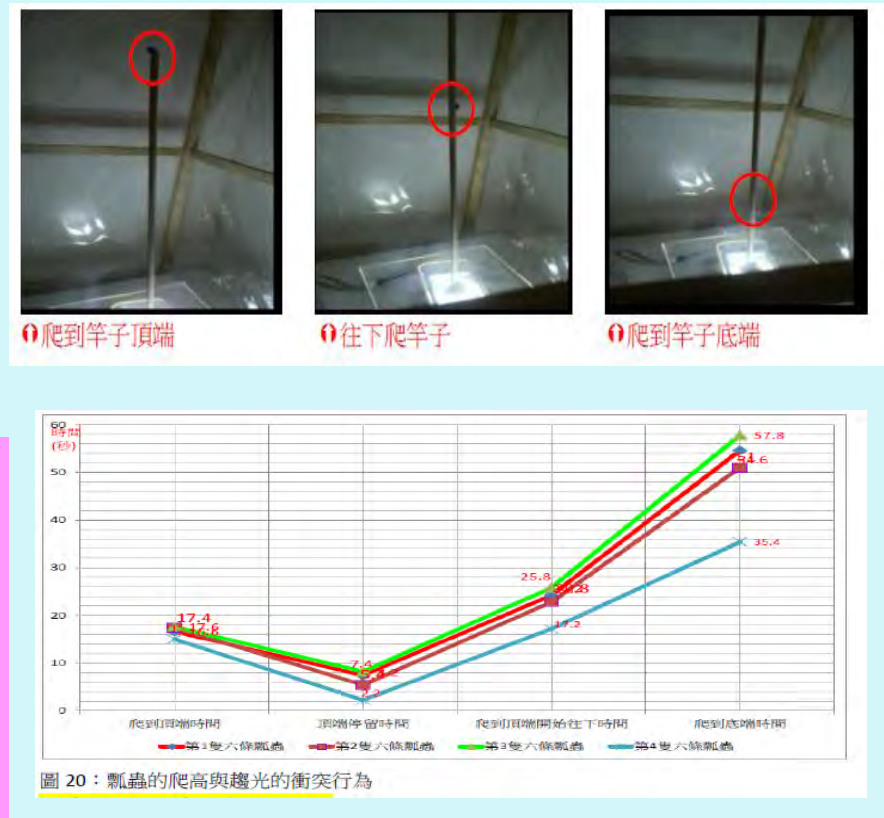


【實驗結果與討論】：

瓢蟲爬高一二次後，不再拼命往上爬，似乎有學習能力，當察覺不斷重複爬高時，而改變爬高行為，不斷縮短爬高的距離，找到平衡點。最後找到平衡點，爬出吸管蹺蹺板。

研究3-4：瓢蟲的爬高與趨光的衝突行為？

【研究構想】：根據2-1研究發現瓢蟲具有趨光性，而在3-1研究發現瓢蟲具有爬高的行為趨勢。同時出現直立向上的竿子與光源時，瓢蟲會產生怎樣的行為呢？我們就進行以下實驗。



- 【研究發現】：
- 一開始瓢蟲沿著竿子往上爬，爬到頂端後，看到下方有光，就開始往下爬。
 - 瓢蟲對於光的趨向性遠大於爬高的趨向性

【實驗結果與討論】：

剛開始時瓢蟲接觸到竿子，會立刻往上爬，但是，接觸到下方的光源時，對瓢蟲的吸引力較強，會拼命往光源處爬。

研究3-5：瓢蟲的裝死行為？

【研究構想】：瓢蟲會以裝死來逃避敵人。瓢蟲裝死後，會經過多久甦醒呢？我們就進行以下實驗。

表19: 六條瓢蟲裝死後了為時多久甦醒時間紀錄表

瓢蟲編號	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
六條瓢蟲	0.28	2.59	4.11	0.00	4.60	4.25
七星瓢蟲	0.38	0.00	0.14	4.57	7.76	0.17
六條瓢蟲	0.44	0.28	1.20	0.01	0.41	0.07
七星瓢蟲	0.08	10.12	7.11	7.45	10.17	0.06
六條瓢蟲	0.41	0.56	10.00	11.16	12.45	10.42

- 【研究發現】：
- 六條瓢蟲裝死後，甦醒時間最短需4.52秒，最長需10.42秒。
 - 七星瓢蟲裝死後，甦醒時間最短需9.56秒，最長需15.69秒。
 - 不管是六條瓢蟲、七星瓢蟲，同種瓢蟲甦醒時間不一樣。
 - 結果表19-20、圖21-22



【實驗結果與討論】：

七星瓢蟲甦醒的時間最久，六條瓢蟲醒的時間最快。我們認為不同顏色的光，對瓢蟲裝死的行為可能有影響；不同的氣溫，對瓢蟲的裝死的行為可能有影響。有待再繼續研究

目的四、瓢蟲學習能力探討



研究4-1：瓢蟲對於辣味反應的學習行為。

【實驗設計~瓢蟲對辣味新行為的】

- 【實驗步驟】：詳見說明書
- 【研究發現】：
- 瓢蟲對辣味的所建立的新行為，模式一：爬到竿子頂端→頂端停留→往下爬→直到底，離開竿子。
 - 瓢蟲對辣味的所建立的新行為，模式二：爬到竿子中途→往下爬→直到底，離開竿子。
 - 瓢蟲爬到頂端停留時間，爬到頂端開始往下時間，爬到底端時間，都是一次比一次少。
 - 結果如表18、圖16-17。

研究4-2：瓢蟲對於蒜味反應的學習行為。

【實驗設計~瓢蟲對蒜味新行為的】

- 【實驗步驟】：詳見說明書
- 【研究發現】：
- 瓢蟲對蒜味的所建立的新行為，模式一：爬到竿子頂端→頂端停留→往下爬→直到底，離開竿子。
 - 瓢蟲對蒜味的所建立的新行為，模式二：爬到竿子中途→張翅飛離開竿子。
 - 瓢蟲爬到頂端停留時間，爬到頂端開始往下時間，爬到底端時間，都是一次比一次少。
 - 結果如表22、圖18-19。

【實驗結果與討論】：

瓢蟲對辣味不喜歡，因而停留到頂端時間，一次比一次短，因而爬到底端時間越來越短。因此，辣味刺激對瓢蟲引發記憶，而減少接觸辣味時間。

【實驗結果與討論】：

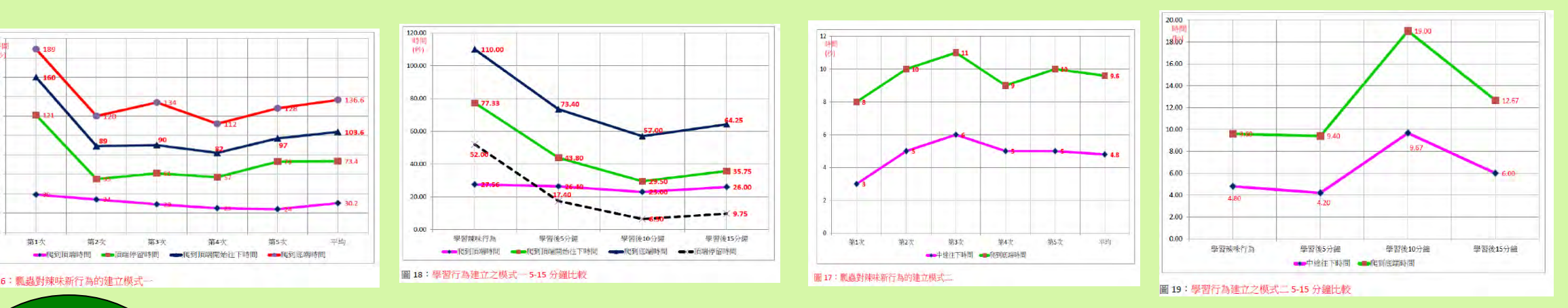
蒜味對瓢蟲所產的新行為，以模式二：爬到竿子中途→張翅飛離開竿子較多。推測蒜味刺激性較強，導致瓢蟲爬到竿子中途就急著張翅離開。

實驗設計~學習保留測試

- 【研究發現】：
- 瓢蟲學習辣味後保留的行為，模式一：爬到竿子頂端→頂端停留→往下爬→直到底，離開竿子。
 - 瓢蟲學習辣味後保留的行為，模式二：爬到竿子中途→往下爬→直到底，離開竿子。
 - 兩種行為都是爬到頂端停留時間，爬到頂端開始往下時間，爬到底端時間，都是一次比一次少。
 - 結果如表19-21、圖18-19。

實驗設計~學習保留測試

- 【研究發現】：
- 瓢蟲學習蒜味後保留的行為，模式一：爬到竿子頂端→頂端停留→往下爬→直到底，離開竿子。
 - 瓢蟲學習蒜味後保留的行為，模式二：爬到竿子中途→往下爬→直到底，離開竿子。
 - 瓢蟲大部分的行為是以模式二次數較多。
 - 結果如表23-25。



- 捌 討論 (詳見說明書)
- 玖 結論 (詳見說明書)
- 拾 未來展望

由以上研究發現，瓢蟲對氣味、趨光、色光、裝死及學習等，具有獨特性。除了讓我們增加對瓢蟲的認識，更進一步能作為生物防治之應用。以下提供未來研究的方向如下：

- (一) 研究器材改進
- 本研究研發的多種色光觀測盒，雖可用來研究瓢蟲對色光的趨向性。但使用上，由於管徑稍嫌小，若數量更多的瓢蟲一起實驗，可能造成擁擠。未來建議改成管徑較粗一些的，會更適合數量較多時實驗。
- (二) 值得繼續研究的議題~學習行為
- 目前科學家已發現果蠅具有學習能力(葉偉文譯, 2006)，而本研究進一步發現六條瓢蟲對辣味、蒜味刺激後，具有學習能力。至於不同性別、不同年齡的瓢蟲及不同種類瓢蟲，學習能力是否有差異？影響瓢蟲甦醒因素？等將會是下一個研究主題。

