

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生物科

第二名

080313

白蟻非蟻—黑翅土白蟻生態行為觀察與防治

學校名稱：金門縣金湖鎮開瑄國民小學

作者：  小四 郭政昇 小四 蔡承佺 小四 陳子茉 小四 賴妍蓁 小四 許元寧 小四 洪嘉穗	指導老師：  陳耿睿 林韡欣
---	-------------------------

關鍵詞：黑翅土白蟻、生態行為、防治方法

## 摘要

本研究探討黑翅土白蟻的生態行為與防治方法。我們觀察校園內白蟻棲地，歸納白蟻喜歡在廢棄木材的區域用紅土築巢，為了進一步研究土白蟻的生態行為，我們設置其適合生存的人工環境，並設計了明暗、濕度、溫度、木材喜好、音頻、氣味趨避等實驗。發現土白蟻適宜的生存環境為陰暗且具適當溼度；土白蟻最適合活動的溫度介於 20-25 度之間；而且牠們可以聽到的音頻範圍可能和人類接近，以 10000Hz 的音頻驅離效果最好；土白蟻喜歡檸檬桉和台灣欒樹的樹枝且對氣味極為敏感，以薄荷葉的驅散效果最為明顯，左手香氣味刺鼻，但白蟻並不排斥，且出現啃食左手香情形，但是隔天就會死亡，推測左手香對黑翅土白蟻來說是種慢性毒，可能可以製作成天然消滅白蟻聚落的藥劑。

## 壹、研究動機

一次下課遊戲時，我們在校園的森林步道中發現地面的竹子外殼上爬著一隻隻看似白色的小昆蟲，好奇心的驅使下，我們順著蟲子爬行的路線翻開了竹子的外殼，赫然看見裡面出現白茫茫一片，彷彿千軍萬馬，陣勢嚇人！這種昆蟲近看似白蟻，但又心存疑問，在請教老師後，我們確定牠是白蟻，而進一步觀察，我們還發現竹子內殼上有一條條泥土狀的小丘，高高低低，錯縱有致，好像蓋大樓似的，非常有趣。這時，我們想到自然領域中三年級曾學過「動物大會師」(動物的生活、動物行為)、四年級「昆蟲家族」(昆蟲特徵、生態行為)等相關知識，促使我們想了解白蟻的生活習性，此外，社會領域「守護我的家鄉」(古厝保存)也提到家鄉的老房子因白蟻的侵蝕而面臨文化保存危機，因此，除了探討白蟻的生活習性外，我們也想進一步知道白蟻防治的方法，於是開啟了本次的研究。

## 貳、研究目的

為了探究白蟻的生活習性及防治方式，我們設定研究目的並根據研究目的，提出以下研究問題：

### 一、校園內白蟻的種類、棲息位置的調查。

研究 1-1：校園中白蟻喜好的棲息位置為何？

研究 1-2：校園中白蟻的種類與外觀為何？

## 二、設置適合白蟻生存的人工環境。

研究 2-1：如何設置適合白蟻生存的人工環境？並觀察其行為模式。

## 三、白蟻行為大解密。

研究 3-1：黑翅土白蟻在不同材質地面的爬行行為為何？

研究 3-2：黑翅土白蟻對明暗的喜好為何？

研究 3-3：黑翅土白蟻對溼度的喜好為何？

研究 3-4：黑翅土白蟻對溫度的喜好為何？

研究 3-5：黑翅土白蟻對不同木材材質的喜好為何？

## 四、白蟻的防治方法研究

研究 4-1：黑翅土白蟻對不同氣味的趨避行為為何？

研究 4-2：黑翅土白蟻對不同聲音頻率的趨避行為為何？

研究 4-3：左手香對黑翅土白蟻是否具防治效果？

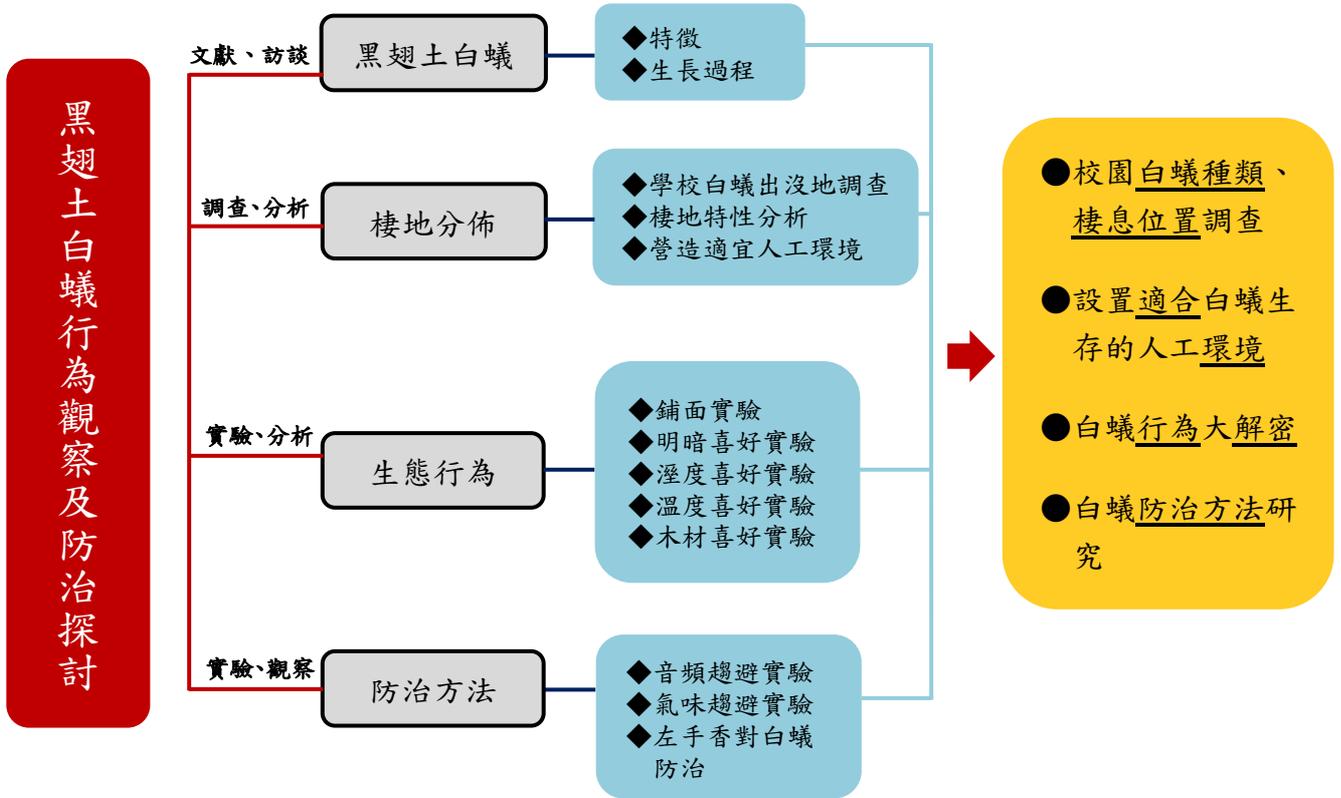
## 參、文獻探討

分類階級	<p>本實驗所採集之白蟻屬黑翅土白蟻，其分類階級如下：</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Kingdom Animalia 動物界</li><li>— Phylum Arthropoda 節肢動物門</li><li>— Class Insecta 昆蟲綱</li><li>— Order Blattodea 蜚蠊目</li><li>— Family Termitidae 白蟻科</li><li>— Genus Odontotermes 土白蟻屬</li><li>— <i>Odontotermes formosanus</i> (Shiraki, 1909) 黑翅土白蟻</li></ul>  <p>▲圖一：土白蟻</p>
物種描述	<p>白蟻是蜚蠊目，與蟑螂、螳螂、蝗蟲為近親，白蟻是漸進變態，發育期中沒有蛹期只有卵期、幼蟲期、成蟲期。社會為兩性中心有王有后，白蟻在台灣至少 16 種。依其活動棲息場所及巢穴的建構材料可分為</p>

	<p>木棲性白蟻、土棲性白蟻、土木棲性白蟻及寄居性白蟻，金門境內常見的土白蟻屬於土棲性白蟻、家白蟻屬土木棲性白蟻。</p>
<p>生活習性</p>	<p><b>一、生態習性</b></p> <p>白蟻族群一開始是由蟻王、蟻后照顧及餵養心孵化中的幼蟻，之後蟻王、蟻后、卵、幼蟻及所有巢內的工作都由工蟻照顧。</p> <p><b>二、食物來源</b></p> <p>白蟻是食植性昆蟲，以植物纖維素為主要食物，在群體中工蟻擔任營養的供給者，食物先由工蟻吞入消化道內，經完全消化和半消化的食物從口中和肛門排出，餵給不能取食的蟻后、蟻王、幼蟻及兵蟻。彼此之間也相互餵食吮吸彼此體表的分泌物。</p> <p><b>三、社會制度</b></p> <p>由於白蟻種類不同，社會階級組織的比例及組成也不同，有些較原始的種類沒有兵蟻，一般白蟻的群體內分成生殖階級，如蟻王及蟻后；非生殖階級則是工蟻、兵蟻。工蟻、兵蟻的比例常因食物多少及群體大小而不同。社會成員的組成外由蟻后的荷爾蒙及費洛蒙所控制。</p>
<p>金門白蟻分布情形</p>	<p>危害聚落蟻氣主要以家白蟻為最大族群，但在山后及珠山兩亦有採集到6處土白蟻（山后2處、珠山4處），土白蟻多以聚落外圍樹叢間為主，聚落間傾毀屋內並無發現土白蟻入侵，然而土白蟻群已有漸漸入侵之危機。</p>

## 肆、研究架構

我們依前一章節所提到的研究目的，擬定出研究架構。如下圖所示：



▲圖二 研究流程圖

## 伍、研究設備與器材

### 一、實驗器材：

項目	內容
器材	試管、白棉、針筒、風管、黏土、平板、平板架、噴霧器、水彩筆、鏟子、微距鏡頭。
動物	黑翅土白蟻、家白蟻
植物	台灣欒樹、樟樹、檸檬桉、榕樹、蒜香藤葉、左手香葉、薄荷葉

## 二、實驗裝置：

### (一) 白蟻飼養管

設計圖	設計說明	完成實品
	<p>用針筒加風管注水 10c.c.，並塞入 3 公分的白棉維持溼度和供水，試管末端使用迴紋針固定，避免試管滾動。</p>	<p>▲圖三 白蟻飼養管</p>

### (二) 光線趨避實驗裝置

設計圖	設計說明	完成實品
	<p>塑膠盒為白蟻放置區，分別連接二個試管，其中一試管用黑布蓋住，為避免白蟻逃逸或其他昆蟲入侵，把平台架高並在四個角落放置水杯。搭設平台進行縮時攝影，方便記錄白蟻移動路徑。</p>	<p>▲圖四 光線趨避實驗裝置</p>

### (三) 溼度實驗觀察裝置

設計圖	設計說明	完成實品
	<p>利用 pp 板製作一個長條的容器，鋪上細砂後，在左、中、右分別噴水 0 下、5 下、10 下，並架上平板，觀察白蟻移動情形。</p>	<p>▲圖五 濕度實驗觀察裝置</p>

#### (四) 溫度實驗觀察裝置

設計圖	設計說明	完成實品
	<p>製作一長型容器，容器左右二端分別接上保麗龍盒，在二個保麗龍盒分別置入熱水袋及冰袋，並放入溫度計，讓溫度保持一致，並觀察白蟻移動情形。</p>	<p>▲圖六 溫度實驗觀察裝置</p>

### 肆、研究方法及與過程

#### 一、校園內白蟻的種類、棲息位置的調查。

##### (一)研究 1-1：校園中白蟻喜好的棲息位置為何？

**【研究構想】**：為了知道校園白蟻的棲地位置，我們利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落進行探索，記錄白蟻的棲息地位置。

**【實驗步驟】**：

- 1.器材準備：平板、觀察記錄表、微距鏡、小鏟子。
- 2.利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落搜尋白蟻的蹤跡。
- 3.以校園為範圍，記錄發現白蟻的位置，並將棲地特質記錄在觀察記錄表中。

**【研究結果】**：

表 1-1-1 校園白蟻棲息位置

發現地點	中庭榕樹下	樹木支架	木遊具廢棄區	舊蒼庫前	木花架	籃球場
棲地光線	中	亮	暗	亮	亮	亮
棲地種類	紅土層	木材	紅土層	地板裂縫	枯枝	枯樹幹
乾溼程度	溼	乾	溼	乾	乾	中
白蟻數量	少	中	極多	極少	中	多



圖 1-1-1 校園白蟻棲息位置採樣情形

**【研究發現與討論】：**

1. 我們發現白蟻大部份棲息在廢棄木材的區域且喜愛用紅土築巢。
2. 廢棄木遊具區域，發現有大量的白蟻，尤其以空心的廢棄竹子內數量最多。
3. 在校園具紅土層的区域，有時可以發現白蟻的蹤跡，但數量極少。
4. 在活的植栽樹皮外，有時可以發現白蟻的蟻道，挖開後有時並沒有看見白蟻的蹤跡。
5. 在支撐樹木的支架，有不少已經被白蟻蛀成空心，偶爾能發現白蟻的蹤跡。
6. 在籃球場入口處的遭砍代的南洋杉樹頭，發現大量的木棲性白蟻，且同時存在大量的有翅婚飛蟻。



圖 1-1-2 校園白蟻採樣

## 研究 1-2：校園中白蟻的種類與外觀為何？

**【研究構想】**：為了知道校園白蟻的種類與外觀特性，我們從各棲地採集到白蟻，利用微距鏡進行觀察，並記錄白蟻的外觀與特徵。

**【實驗步驟】**：

- 1.器材準備：平板、觀察記錄表、微距鏡、水彩筆。
- 2.利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落採集白蟻。
- 3.將白蟻放入觀察箱，觀察白蟻特徵，並與白蟻圖鑑相比對，確認白蟻種類。
- 4.將結果製成統計表。

**【研究結果】**：

我們在學校所發現的白蟻種類，多數為黑翅土白蟻，僅在一處發現家白蟻。

表 1-2-1 校園白蟻種類

地點	中庭榕樹下	樹木支架	木遊具廢棄	舊倉庫前	木花架	籃球場
種類	黑翅土白蟻	黑翅土白蟻	黑翅土白蟻	黑翅土白蟻	黑翅土白蟻	家白蟻
圖片						

**【研究發現與討論】**：

1. 我們在學校所發現的白蟻種類，大部份為黑翅土白蟻，只有在籃球場入口處的枯樹頭內發現家白蟻的蹤跡。
2. 研究文獻指出，金門一般民宅大部份出現的白蟻種類為家白蟻，但近年來也有發現黑翅土白蟻入侵的跡象。
3. 白蟻的棲地經過人為打擾後，隔天再去探勘時就很難在同一地點發現白蟻蹤跡，推測白蟻對於環境的變化極為敏感，一有風吹草動即會避開。
4. 因白蟻有上述特性，加上本校家白蟻棲地只有一處，採集上較不容易，因此本研究的實驗大部份以黑翅土白蟻為主，家白蟻的則以行為觀察為主要研究方法。

5. 家白蟻的體型較黑翅土白蟻大，且家白蟻工蟻的腹部顏色比較白，黑翅土白蟻工蟻的腹部則帶有黑褐色。

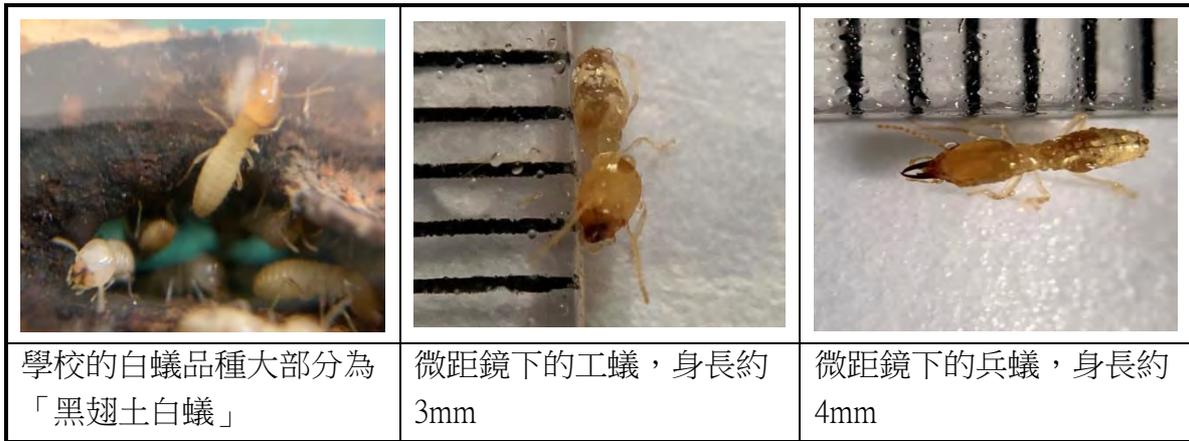


圖 1-2-1 黑翅土白蟻外觀構造

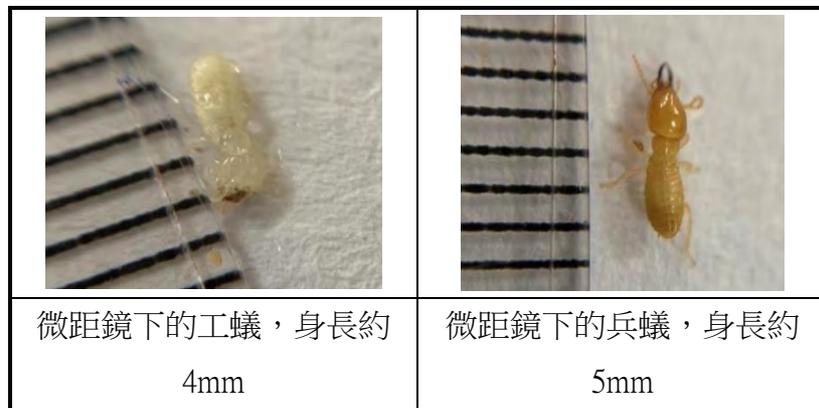


圖 1-2-2 家白蟻外觀構造

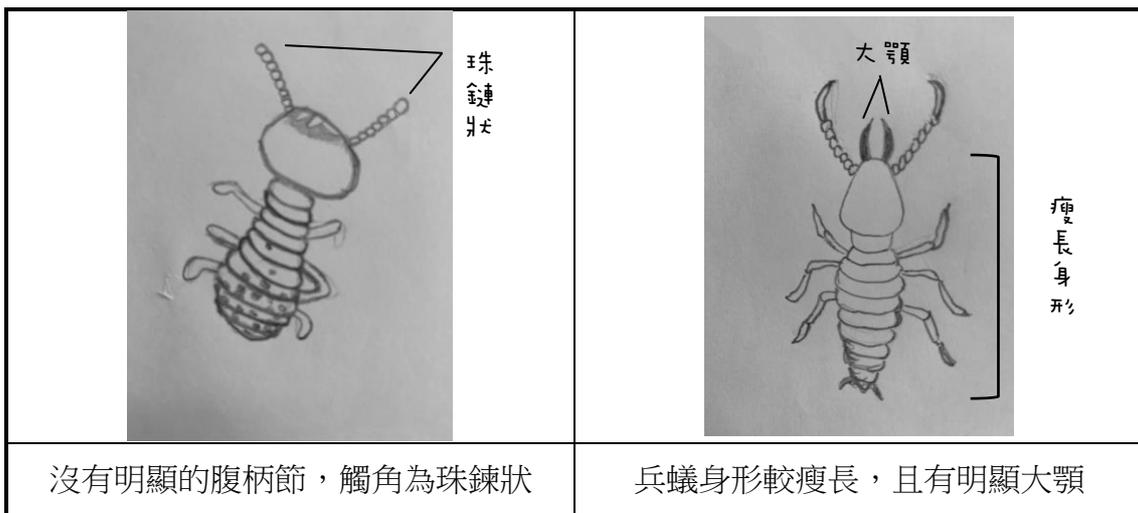


圖 1-2-3 手繪白蟻外觀構造

## 二、設置出適合白蟻生存的人工環境。

### 研究 2-1：如何設置適合白蟻生存的人工環境？並觀察其行為模式。

**【研究構想一】：** 為了要長期對白蟻進行觀察和實驗，因此需要一個可以讓白蟻長期生活的人工環境，方便我們觀察和實驗。

**【實驗步驟】：**

- 1.器材準備：平板、觀察記錄表、微距鏡、飼養盒。
- 2.利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落採集白蟻。
- 3.將二十隻白蟻放入飼養盒，放入些許原棲地木塊（檸檬桉）供其遮避。
- 4.隔日對飼養盒中的白蟻進行觀察。

**【研究結果】：**

在未經特別安排的人工環境下，隔日飼養盒中的白蟻全軍覆沒，且身體呈現乾燥狀態。



圖 2-1-1 微距鏡下陣亡後的白蟻

**【研究發現與討論】：**

1. 在白蟻棲地，大部份是溼度較高的環境，因此推測可能死亡的原因是環境過於乾燥。
2. 我們發現白蟻的動作不像普通螞蟻如此敏捷，如果不小心跌倒了很難翻身，在人工的飼養盒內因為是塑膠材質，我們也發現了為數不少的白蟻是因為無法翻過身而死亡，通常白蟻如果無法翻身的話，大概過 3 分鐘左右即會死亡。

**【研究構想二】：** 因為第一次的飼養失敗了，觀察其結果推測是環境過於乾燥，且白蟻缺乏適合爬行的地面。因此，我們修正了人工飼養的環境，增加環境的溼度與攀爬面。

**【實驗步驟】：**

1. 器材準備：平板、觀察記錄表、微距鏡、試管、過濾棉、針筒、細管。
2. 用針筒在試管內注水 10c.c。
3. 切一段 3 公分的白棉並捲成棒狀，抵住水面，讓水浸溼到白棉 2.5 公分處。
4. 將 20 隻白蟻放入飼養盒，放入原棲地原木塊（檸檬桉）供其遮避。
5. 持續對飼養管中的白蟻進行觀察，並進行白蟻行為特徵記錄。

**【研究結果】：**

1. 所有的白蟻皆順利存活一個月以上，而利用白棉來保溼和供水是長期飼養的關鍵。
2. 工蟻會分泌適合築巢的物質，我們發現試管壁上有紅土及其他成份的分泌物。
3. 剛捉回來的白蟻身體呈現白色帶褐色，但飼養一個月後的白蟻身體呈現通透的白色。

**【研究發現與討論】：**

1. 在溼度控制好的人工環境下，白蟻存活一個月以上是沒有問題的。
2. 工蟻偶爾會發生身體抖動的情況，推測是在做訊息的傳遞。
3. 工蟻活動範圍較廣，會主動進行環境探索，兵蟻當環境有變化時就會出現恫嚇姿態。
4. 外觀特徵：兵蟻的大顎較長、較大，主要是負責防衛巢穴。工蟻的主要工作為負責興建巢穴、探索和尋找食物。蟻后和雄蟻在這次的實驗中因取得困難，故不在我們的觀察研究範圍內。

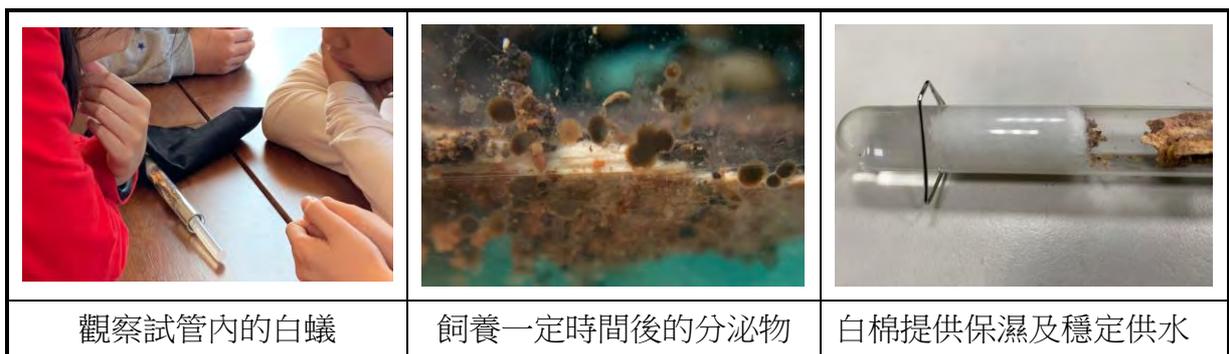


圖 2-1-2 白蟻觀察過程記錄

### 三、白蟻行為大解密。

#### 研究 3-1：黑翅土白蟻在不同材質地面的爬行行為為何？

**【研究構想】**：為了進行後續的喜好實驗，需要建構出白蟻適合爬行移動的環境，原來的試管空間太小，只適合用來養殖觀察，並不適合做實驗，因此想製作出適合白蟻爬行的人工環境

**【實驗步驟】**：

1. 器材準備：平板、觀察記錄表、微距鏡、飼養盒、黏土、細砂、牙刷。
2. 利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落採集白蟻。
3. 在飼養盒內分別鋪上黏土和細砂，並將黏土用牙刷製作出紋路，等候乾燥。
4. 分別在 2 個飼養盒噴入適當的水分。
5. 分別將 50 隻白蟻放入飼養盒，放入些許原棲地原木塊（檸檬桉）供其遮避。
6. 隔日對飼養盒中的白蟻進行觀察。

**【研究結果】**：

細砂區的白蟻全數存活，黏土區的白蟻死亡 48 隻，存活 2 隻，且死亡的白蟻大部份腹部朝上，群聚在幾個固定區域。

**【研究發現與討論】**：

1. 推測可能死亡的原因有二，一是黏土所提供的抓地力還是不足，白蟻不小心跌倒後無法順利翻身，導致死亡。另一個原因是我們觀察到白蟻剛到一個新的陌生環境，白蟻們會呈現極度緊張的狀態，甚至出現兵蟻會用大顎攻擊工蟻的情況，導致工蟻死亡。
2. 細砂區的白蟻一開始略顯緊張，之後就四處分散，並在角落往砂底下挖洞。

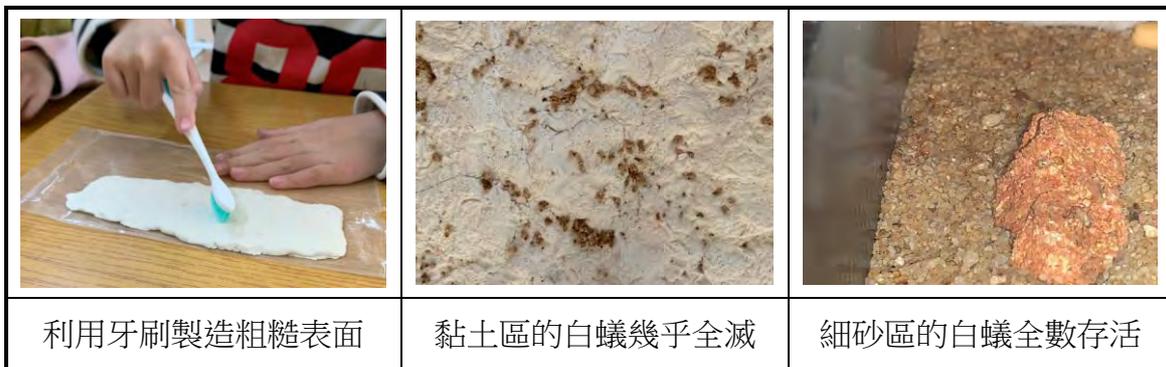


圖 3-1-1 白蟻生存環境設置與觀察記錄

### 研究 3-2：黑翅土白蟻對明暗的喜好為何？

**【研究構想】**：通常在白蟻出沒的地方，都會出現所謂的「蟻道」，是白蟻由分泌物所製作的「遮陽篷」，因此我們想要透過實驗，實際了解白蟻是否對環境的明暗有明顯的喜好。

**【實驗步驟】**：

1. 器材準備：平板、觀察記錄表、微距鏡、趨光觀察盒、竹筷。
2. 利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落採集白蟻。
3. 將 50 隻左右的白蟻放入觀察盒的放置區，並開啟縮時攝影記錄白蟻移動路徑。
4. 隔日對飼養盒中的白蟻進行觀察。

**【研究結果】**：

有 32 隻的白蟻移入蓋有黑布的試管中，18 隻停留在放置區，並沒有白蟻進入未遮光的試管中。

**【研究發現與討論】**：

1. 透過 24 小時所拍攝的縮時攝影呈現的影片，我們發現白蟻還是會移動到未遮黑布的試管中，但並未在管內多作停留，當白蟻熟悉環境後，會漸漸的往遮有黑布的試管移動並停留。
2. 經過實驗，我們發現白蟻喜歡較陰暗的環境，在陰暗處行為較為穩定。

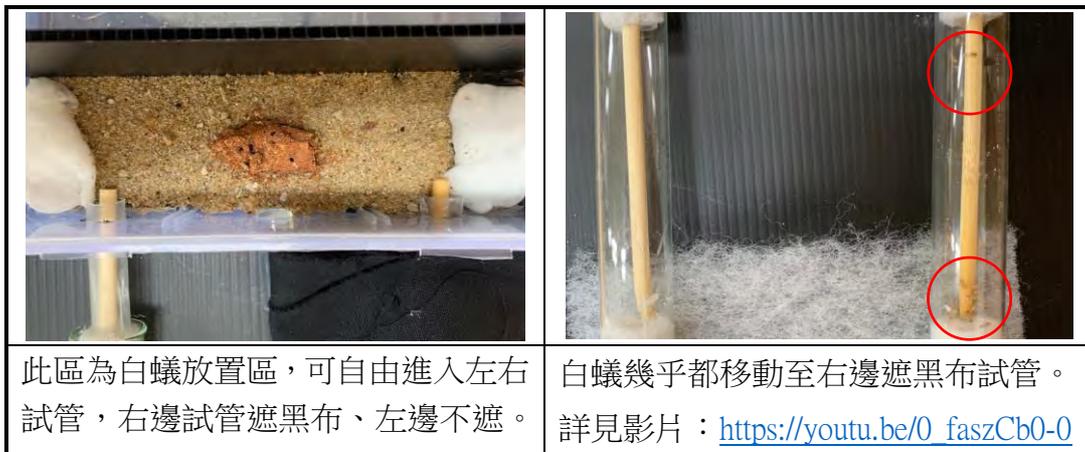


圖 3-2-1 白蟻明暗實驗觀察實錄

### 研究 3-3：黑翅土白蟻對溼度的喜好為何？

**【研究構想】**：從文獻和實地觀察，我們知道白蟻喜歡較潮溼環境，更進一步想了解白蟻喜歡環境潮溼程度為何？不同潮溼程度砂地中，白蟻行為模式有何特殊之處。

**【實驗步驟】**：

1. 器材準備：平板、觀察記錄表、微距鏡、溼度喜好觀察盒。
2. 利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落採集白蟻。
3. 在觀察盒中的右、中、左，以噴霧器分別噴 10 下、5 下、0 下。
4. 將 50 隻的白蟻放入溼度喜好觀察盒，並開啟縮時攝影記錄白蟻移動路徑。
5. 隔日對飼養盒中的白蟻進行觀察。

**【研究結果】**：

大部份的白蟻在噴 5 下的區域定居，0 下及 10 下的區域有白蟻來回移動探索。

**【研究發現與討論】**：

1. 白蟻在噴 5 下的區域開始挖洞定居，在 0 下及 10 下的區域並未發現白蟻挖掘之痕跡，可能原因是 0 下的區域太乾燥鬆軟，10 下的區域太潮溼不好挖掘的緣故。
2. 在噴 10 下的區域，砂地溼度很高，有積水現象，發現有 2 隻白蟻溺斃。
3. 發現白蟻會來從噴 5 下的區域往左右兩側（噴 0 下和 10 下的區域）移動，並且發現工蟻會搬運噴 0 下區域的砂子往 5 下的區域移動，進行築巢的動作。
4. 白蟻未從噴 10 下的區域搬運砂子回居住區，推測可能砂子遇水重量過重，不適合搬運。

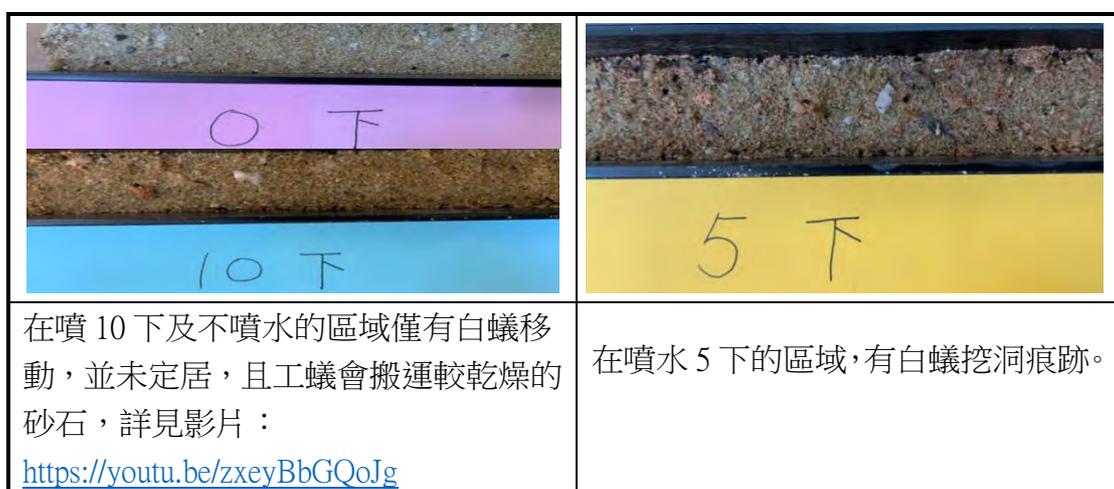


圖 3-3-1 白蟻濕度觀察實驗觀察紀錄

### 研究 3-4：黑翅土白蟻對溫度的喜好為何？

**【研究構想】**：一年有春夏秋冬之分，金門夏天氣溫可高至 30 度，冬天氣溫往往低於 10 度，我們想要了解白蟻喜歡在大約幾度的環境下活動？並且觀察在不同溫度的環境下，白蟻的行為有會有哪些特別的變化。

**【實驗步驟】**：

1. 器材準備：平板、觀察記錄表、溫度觀察盒、冰袋、熱水袋、溫度計。
2. 利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落採集白蟻。
3. 在觀察盒中的右左兩端，分別放置冰袋和熱水袋，中間區段保持常溫。
4. 將 100 隻左右的白蟻放入溼度喜好觀察盒。
5. 記錄左中右三段的溫度，並替換冰袋和熱水袋，三個區段分別保持在 15 度、23 度、35 度的溫度。
6. 隔日對飼養盒中的白蟻進行觀察。

**【研究結果】**：

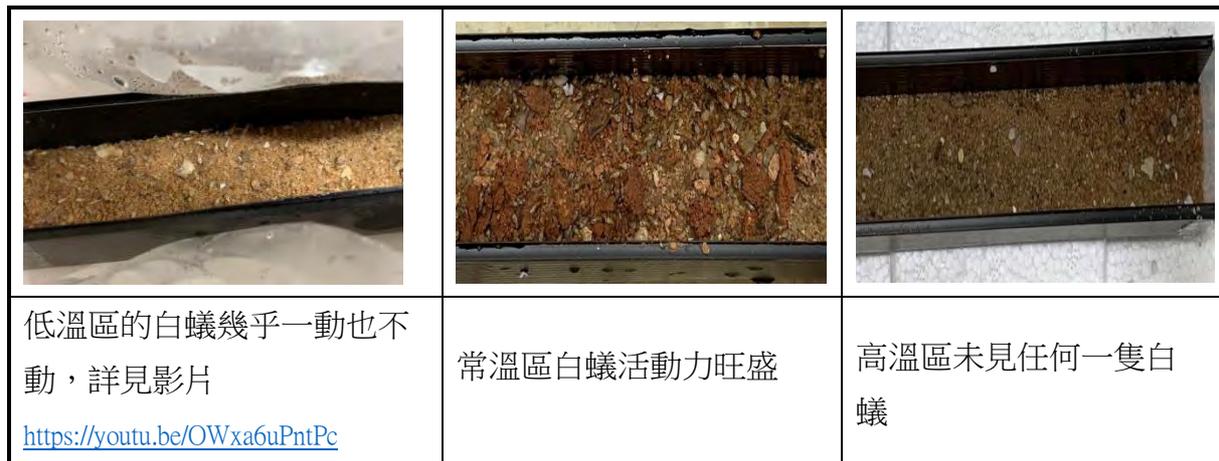
大部份的白蟻在 15 度和 23 度的區間移動，35 度的區間則無發現白蟻移動的蹤跡。。

**【研究發現與討論】**：

1. 白蟻大部份集中在常溫的區段，約有 72 隻，活動力旺盛，工蟻持續進行探索及搬運的工作。
2. 在 15 度的區間約有 28 隻白蟻，但是這區間的所有白蟻都群聚一起，活動力減弱，甚至一動也不動。
3. 35 度的區間並未發現任何白蟻。
4. 白蟻適合活動的溫度約在攝氏 20-25 度，在 15 度以下就停止活動，溫度過高的區域白蟻不會主動接近。



圖 3-4-1 白蟻溫度實驗觀察裝置



3-4-2 白蟻溫度實驗觀察紀錄

### 研究 3-5：黑翅土白蟻對不同木材材質的喜好為何？

**【研究構想】**：本校校園，最常見的樹種有台灣欒樹、樟樹、檸檬桉、榕樹，我們想要了解白蟻對這四種樹種是否有明顯的好惡之分，可作為日後建材選擇的參考。

**【實驗步驟】**：

1. 器材準備：平板、觀察記錄表、觀察盒、樹枝、棉花、噴霧器。
2. 利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落採集白蟻及撿拾樹枝。
3. 觀察記錄四種樹種的硬度、氣味等特性。
4. 在觀察盒中的四個角落分別放置台灣欒樹、樟樹、檸檬桉、榕樹。
5. 將 100 隻左右的白蟻放入觀察盒。
6. 隔日對飼養盒中的白蟻進行觀察。

**【研究結果】**：

大部份的白蟻在台灣欒樹附近定居，並在檸檬桉區間移動，偶有白蟻會經過榕樹，但樟樹附近完全沒有白蟻會經過。

### 【研究發現與討論】：

1. 四種樹種中，只有樟樹枝有明顯的樟腦氣味，其餘三種樹枝並無明顯味道。
2. 白蟻較喜愛在檸檬桉附近築巢，工蟻持續往台灣欒樹及榕樹區進行探索及搬運工作。
3. 樟樹附近並無任何白蟻靠近，因為樟樹會散發刺鼻的樟腦味，推測白蟻具有嗅覺，並不喜歡樟樹的味道。



#### 3-5-1 白蟻對不同木材材質的喜好實驗

## 四、白蟻的防治方法研究

### 研究 4-1：黑翅土白蟻對不同氣味的趨避行為為何？

【研究構想】：從研究 3-5，我們發現白蟻對氣味有反應，因此我們想利用校園中容易取得的香料或植物來進行白蟻對氣味的趨避實驗，試圖找出白蟻不喜歡的氣味，確立白蟻防治與驅散的方法。

### 【實驗步驟】：

1. 器材準備：平板、觀察記錄表、氣味實驗觀察盒、蒜香藤葉、檸檬桉葉、左手香葉、薄荷葉。
2. 利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落採集白蟻。
3. 觀察蒜香藤葉、檸檬桉葉、左手香葉、薄荷葉的外觀和其氣味並做記錄。
4. 將葉子切成五片，置入圓形觀察盒正中央的位置。
5. 先將 1 隻的白蟻放入觀察盒，並用平板錄下 3 分鐘內的白蟻移動軌跡(重複進行 3 次)

- 接著將 20 隻白蟻置入觀察盒，並於隔日對飼養盒中的白蟻進行觀察。
- 重覆步驟 3-5，並將植物替換成檸檬桉葉、左手香葉、薄荷葉，其餘條件不變。

**【研究結果】：**

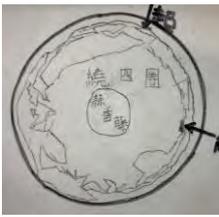
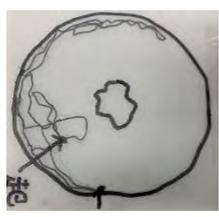
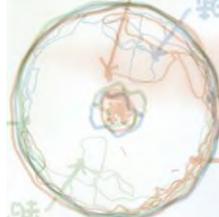
- 我們觀察學校容易取得、且氣味較重的四種植物，並做成記錄表。

表 4-1-1 校園氣味植物紀錄

名稱	左手香葉	檸檬桉葉	蒜香藤葉	薄荷葉
圖片				
外觀	厚實、絨毛狀	薄而細長	較厚較硬	小而薄
觸感	軟軟毛毛的	較為光滑	粗粗的	軟軟的
氣味	藥味重、手接觸到即有味道	葉子撕開後有檸檬香味	葉子撕開後有蒜香味	葉子搓揉後有薄荷清香

- 我們將白蟻在面對不同氣味葉片時的移動路徑影片，上傳至電腦，並用描圖紙描出白蟻的移動路徑，觀察是否有明顯的趨避行為。

表 4-1-2 不同氣味葉片移動路徑

名稱	左手香葉	檸檬桉葉	蒜香藤葉	薄荷葉
單一描圖紙				
重疊				
路徑	移動路徑紊亂，無視左手香存在	移動路徑紊亂，無視檸檬桉存在	偶有一二次靠近蒜香藤，但迅速離開	對薄荷葉會明顯避開，不喜歡薄荷葉

3. 並在隔日進行白蟻分佈的觀察，白蟻在各種氣味區域的數量如下表所示。

表 4-1-3 白蟻在各種氣味區域數量

植物名稱	左手香葉	檸檬桉葉	蒜香藤葉	薄荷葉
氣味區數量	20	17	8	0
非氣味區數量	0	3	12	20

**【研究發現與討論】：**

1. 我們發現，白蟻對於氣味是有反應的。
2. 左手香的味道對人類最為明顯，但白蟻卻並不排斥，對左手香葉視若無睹，路徑也不會因此避開，甚至出現啃咬葉片的行為，幾個小時啃蝕過左手香的白蟻便會死亡。
3. 白蟻對檸檬桉葉的趨避反應並不明顯，一開始接觸時會駐足觀察，熟悉後就對檸檬桉葉無特別反應。
4. 白蟻對蒜香藤葉的反應比較明顯，在靠近蒜香藤葉之後，會馬上後退避開，過約 1 個小時氣味稍微消散後，就會比較敢靠近。
5. 薄荷葉的趨避效果最為明顯，白蟻並不喜歡薄荷的味道，從縮時攝影觀察白蟻的移動軌跡，發現白蟻都只在飼養區最外圍，不敢靠近薄荷葉。



圖 4-1-1 白蟻對植物氣味的趨避實驗

## 研究 4-2：黑翅土白蟻對不同聲音頻率的趨避行為為何？

**【研究構想】**：接續上面的研究，我們也想知道白蟻對於聽覺的刺激是否有特殊的反應。因此我們利用平板 app 設定不同音頻的聲音，觀察白蟻的面對不同音頻的聲音是否有明顯的趨避行為。

**【實驗步驟】**：

1. 器材準備：平板、觀察記錄表、音頻實驗觀察盒。
2. 利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落採集白蟻。
3. 將平板聲音頻率 10000Hz，並放置於觀察盒其中一側。
4. 將 50 隻左右的白蟻放入觀察盒。
5. 隔日對飼養盒中的白蟻進行觀察。
6. 重覆步驟 3-5，並將聲音頻率分別改成 15000Hz、20000Hz，其餘條件不變。

**【研究結果】**：

我們定義靠近音源的 1/3 區段定為音源區，其餘為非音源區，並觀察白蟻分佈數量。

表 4-2-1 不同聲音頻率對白蟻的趨避行為

聲音頻率(Hz)	10000	15000	20000
音源區白蟻數	7	18	22
非音源區白蟻數	43	32	28

**【研究發現與討論】**：

1. 我們發現白蟻對聲音是有反應的。
2. 大部份人類可以聽到的音頻範圍為 17000Hz 以下，10000Hz 的音頻對人類來說明顯刺耳，對白蟻來說一樣具有驅散效果。
3. 15000Hz 的音頻對人類來說極為細微，對白蟻來說也不太具驅散效果。
4. 大部份的人類是聽不到 20000Hz 的音頻，對白蟻來說也不驅散效果。
5. 白蟻可以聽到的音頻範圍可能和人類接近。



圖 4-2-1 白蟻對不同音頻的趨避行為實驗

### 研究 4-3：左手香對黑翅土白蟻是否具防治效果？

**【研究構想】**：從研究 4-1，我們發現白蟻對左手香有啃蝕的行為，啃蝕後的白蟻經過幾個小時便死亡，我們又想到工蟻會有彼此舔舐身體的行為，因此我們想實驗在白蟻身上噴灑左手香汁液，是否會導致白蟻群聚的死亡。

**【實驗步驟】**：

1. 器材準備：平板、觀察記錄表、左手香汁液、噴霧器、白蟻飼養管。
2. 利用中午午休及放學後的時間，到校園各角落採集白蟻。
3. 分別設置二組白蟻飼養管，其中一管白蟻放置前先在身上噴灑清水作為對照組，另一管噴上左手香汁液作為實驗組。
4. 二個飼養管分別置入 20 隻噴灑清水的白蟻與噴灑左手香汁液的白蟻。並於隔日對飼養盒中的白蟻進行觀察。

**【研究結果】**：

二個飼養管的白蟻在靜置 24 小時後，觀察其白蟻存活的數量。

表 4-3-1 左手香汁液對白蟻防治效果紀錄

植物名稱	左手香汁液	清水
存活數量	3	18
死亡數量	17	2
死亡情形		

**【研究發現與討論】：**

1. 我們發現噴上左手香汁液的實驗組死亡數量為 18 隻，清水的死亡數量為 2 隻。
2. 實驗組僅存的二隻白蟻相較於對照組的白蟻活動力較差。
3. 我們發現實驗組死亡的白蟻，大部份屍體都聚集在一起，且身體呈現黑化狀態，身上的表面組織較不完整，疑似被啃蝕或腐蝕。

死亡情形		
說明	白蟻成群死亡	屍體有破損跡象

## 伍、研究結果

- 一、白蟻發現的地點大部份光線陰暗且潮溼，學校白蟻最多的地方為木材遊具廢棄區，尤其以廢棄的竹子內部最多。
- 二、我們在學校所發現的白蟻種類皆為黑翅土白蟻。
- 三、工蟻會分泌適合築巢的物質，我們發現試管壁上有紅土及其他成份的分泌物。剛捉回來的白蟻身體呈現白色帶褐色，但飼養一個月後的白蟻身體呈現通透的白色。工蟻會進行探索及搬運的工作，兵蟻遇到環境的刺激時會張開大顎恫嚇。
- 四、在溼度控置得宜的環境下，白蟻可以存活一個月以上。
- 五、在實驗 3-1 鋪面爬行實驗中，白蟻在黏土為地面的人工環境下死亡 18 隻，存活 2 隻，但在細砂地的環境下全數存活。
- 六、在實驗 3-2 明暗喜好實驗中，有 32 隻的白蟻移入蓋有黑布的試管中，18 隻停留在放置區，並沒有白蟻進入未遮光的試管中。
- 七、在實驗 3-3 溼度喜好實驗中，大部份的白蟻在噴 5 下的區域定居，0 下及 10 下的區域有白蟻來回移動探索。
- 八、在實驗 3-4 溫度喜好實驗中，大部份的白蟻在 15 度和 23 度的區間移動，35 度的區間則無發現白蟻移動的蹤跡，15 度區間的白蟻呈現冬眠狀態，活動力減弱。
- 九、在實驗 3-5 木材喜好實驗中，大部份的白蟻會在台灣欖樹附近定居，並在檸檬桉區間移動，偶有白蟻會經過榕樹，但樟樹附近完全沒有白蟻會經過。
- 十、在實驗 4-1 白蟻氣味趨避實驗中，驅散效果薄荷葉最好，蒜香藤次之，檸檬桉再次之，左手香反而有吸引效果。
- 十一、在實驗 4-2 音頻趨避實驗中，發現音頻 1000Hz 對白蟻有驅散效果，15000Hz 和 20000Hz 驅散效果不顯著。
- 十二、在實驗 4-3 左手香白蟻防治實驗中，我們發現左手香汁液對白蟻的活動力及生命力有明顯的抑制效果，且死亡後的白蟻屍體呈現黑色及破損的狀態。

## 陸、討論

### 一、校園內白蟻的種類、棲息位置的調查。

#### (一) 校園中白蟻喜好的棲息位置為何？

我們發現，白蟻很少直接暴露在人眼所見的地方，因此在搜索白蟻可能出現的點時，我們都先找廢棄木料較多的地方，之後再搜尋附近是否有「蟻道」。

由【研究 1-1】的研究發現，在校園中庭的榕樹下、支撐龍柏的樹木支架、廢棄的木作遊戲區、學校舊倉庫前地板裂縫都發現白蟻的蹤跡，其中以廢棄的木作遊戲區數量最多，族群最為龐大。

#### (二) 校園中白蟻的種類為何？

從研究 1-2 我們發現，學校目前所有的白蟻品種皆為黑翅土白蟻，從文獻中我們也知道，金門地區比較常見的白蟻品種為家白蟻及黑翅土白蟻，其中金門地區一般住家中的蟻害以家白蟻造的居多，但近年來在珠山聚落外圍也發現了黑翅土白蟻的蹤跡。

因為白蟻通常居住在地底下，以我們的能力所及實在很難找出真正的巢穴所在，因此本次的研究大部份是以黑翅土白蟻的工蟻和兵蟻為主，並未找到蟻后供我們研究。

#### (三) 觀察工蟻和兵蟻外觀與行為模式有何差異性？

就外觀來說，不論是工蟻或兵蟻，他們身體的部份皆以白色居多，體內帶有些許褐色，體型並不像一般螞蟻一樣有明顯的腹柄節。且白蟻的觸角為珠鍊狀，像是一顆顆的小佛珠串連而成。我們也發現，剛從野外取得的白蟻體內褐色的部份較明顯，放置一個月後的白蟻身體則明顯變成白色，推測可能與進食的食物有關。

在行為模式上，我們發現工蟻的活動範圍較廣，會進行搬運和挖洞築巢的行為，而兵蟻並不會出現搬運和挖洞的行為，但遇到危險或是剛到新環境時，兵蟻會表現出明顯的攻擊行為，會張開大顎進行恫嚇，且攻擊的對象不論是否是同類，曾發現工蟻被兵蟻活活咬死的現象。

當工蟻相遇時，有時其中一隻工蟻會有身體抖動的現象，推測可能是做訊息的溝通或傳遞，且有時會相互清理彼此的身體。而白蟻雖然稱為蟻，但是和螞蟻並非近親，其動作也不似螞蟻般敏捷，往往翻身後無法順利翻回正面，身體未能翻為正面的白蟻往往過一陣子就死了。

## 二、設置適合白蟻生存的人工環境。

### (一) 如何設置適合白蟻生存的人工環境？

1. 在未經過任何佈置的人工環境中，白蟻放入的隔天就死了，推測死亡原因為環境太過於乾燥與飼養盒的抓地力不夠，導致白蟻跌倒後無法翻身致死。
2. 為了保持飼養環境的溼度，我們改採用試管、白棉加水的方式，讓環境的溼度能持續保持，卻又能提供一定的水源，避免白蟻乾死，改善後的環境的確能穩定飼養白蟻一個月以上。
3. 為了進行後續實驗，人工環境需要考慮白蟻的移動便利性，因此我們將黏土的表面用牙刷刷出粗糙的感覺，但實際飼養後發現白蟻一樣隔天就死亡了，可能是抓地力還是不足，再加上白蟻對黏土的化學成份耐受性不高。
4. 最後採用一般細砂做為鋪面，白蟻的適應情形良好。
5. 綜合以上幾點，我們得知白蟻要能順利飼養的關鍵有二，一是環境的溼度，另一是鋪面的抓地力，二者若都能兼顧，在沒有食物短缺的情況下，白蟻仍能存活一個月左右。

## 三、白蟻行為大解密。

### (一) 黑翅土白蟻在不同材質地面的爬行行為為何？

1. 我們發現白蟻在一般光滑材質的地面，很容易翻不了身而導致死亡。
2. 在黏土所製成的粗糙鋪面，實際飼養後發現白蟻一樣隔天就死亡了，可能是抓地力還是不足，再加上白蟻對黏土的化學成份耐受性不高。
3. 最後採用一般細砂做為鋪面，白蟻的適應情形良好。

## (二) 黑翅土白蟻對明暗的喜好為何？

1. 透過 24 小時所拍攝的縮時攝影所呈現的影片，我們發現白蟻還是會移動到未遮黑布的試管中，但並未在管內多作停留，當白蟻熟悉環境後，會漸漸的往遮有黑布的試管移動並停留。
2. 經過實驗，我們發現白蟻喜歡光線較陰暗的環境，在陰暗處行為較為穩定。

## (三) 黑翅土白蟻對溼度的喜好為何？

1. 白蟻不喜太乾或太潮溼的環境，且要在地面具適當溼度且不容易崩塌最適合生存。
2. 工蟻會從較乾燥的環境中搬運材料到合適的環境築巢。
3. 白蟻對環境的溼度穩定有較高的要求，在校園中帶有水份的紅土是最適合白蟻居住的環境。
4. 水份過多白蟻會有溺斃的現象發生。

## (四) 黑翅土白蟻對溫度的喜好為何？

1. 白蟻在攝氏 15 度、25 度、35 度的溫度區間中，活動力最佳的區段為 23 度，推測白蟻最適合活動的溫度介於 20-25 度之間。
2. 溫度過低的環境中，白蟻會進入類似冬眠狀態，群聚在一起不動，活動力明顯變差。
3. 35 度的區間並未發現任何白蟻，推測可能和常溫的差距太大，白蟻尚未習慣此一溫差，因此選擇不進入該區域。

## (五) 黑翅土白蟻對不同木材材質的喜好為何？

1. 白蟻喜好檸檬桉和台灣欒樹的樹枝，並會在附近挖洞築巢。
2. 白蟻極度不喜歡樟樹，透過 24 小時的縮時攝影發現白蟻在移動的過程中均避開樟樹區域，本實驗的四種樹枝僅有樟樹會發出刺鼻樟腦味，推測白蟻對於氣味極為敏感。
3. 除此之外，白蟻喜愛躲在樹皮和木心之間的縫隙中，並不啃食樹皮，只會吃樹皮以下的木頭。

## 四、白蟻防治方法研究

### (一) 白蟻對哪些氣味有明顯趨避反應？

1. 我們發現，白蟻對於氣味是有反應的。
2. 左手香的味道對人類最為明顯，但白蟻卻不排斥，對左手香葉視若無睹，路徑也不會因此避開，甚至出現啃咬葉片的行為。
3. 白蟻對檸檬桉葉的趨避反應並不明顯，一開始接觸時會駐足觀察，熟悉後就對檸檬桉葉無特別反應。
4. 白蟻對蒜香藤葉的反應比較明顯，在靠近蒜香藤葉之後，會馬上後退避開，過約 1 個小時氣味稍微消散後，就會比較敢靠近。
5. 薄荷葉的趨避效果最為明顯，白蟻並不喜歡薄荷的味道，從縮時攝影觀察白蟻的移動軌跡，發現白蟻都只在飼養區最外圍，不敢靠近薄荷葉。

### (二) 白蟻對不同聲音頻率的趨避行為為何？

1. 我們發現白蟻對聲音是有反應的。
2. 大部份人類可以聽到的音頻範圍為 17000Hz 以下，10000Hz 的音頻對人類來說，明顯刺耳，對白蟻來說一樣具有驅散效果。
3. 5000Hz 的音頻對人類來說極為細微，對白蟻來說也不太具驅散效果。
4. 大部份的人類是聽不到 20000Hz 的音頻，對白蟻來說也不驅散效果。
5. 白蟻可以聽到的音頻範圍可能和人類接近。

### (三) 左手香對白蟻是否具防治效果？

1. 左手香汁液對白蟻的活動力有一定的抑制效果。
2. 噴灑過左手香汁液的白蟻，一開始與噴灑清水的白蟻無異，但經過一天後，噴灑過左手香的白蟻群聚死亡，且屍體呈現黑化及破損的現象，推測左手香汁液對白蟻具有一定的撲滅效果。

## 柒、結論

- 一、校園中白蟻最多的地方是在木作遊具區，且學校的白蟻種類較單一，我們僅發現黑翅土白蟻此一品種。
- 二、在溼度和食物控制好的人工環境下，黑翅土白蟻可以順利存活一個月以上，且工蟻在穩定的環境中分泌較具黏性的物質築巢。
- 三、工蟻和兵蟻在外觀及工作內容上有明顯差異，雖然名叫白蟻，但和螞蟻卻非近親，他們缺少腹柄節，且工蟻和兵蟻的觸角皆為珠鍊狀，工蟻主要的工作為探索、搬運及餵食，兵蟻具有彎曲大顎，遇到危險時會張開大顎恫嚇並攻擊，有時甚至會攻擊工蟻。
- 四、白蟻喜歡粗糙的地面，抓地力及靈活度不及一般螞蟻，很容易不小心跌倒，在一般的細砂地面可以行走自如。
- 五、白蟻喜歡較陰暗的環境，對於光線的明暗反應非常明顯，因此在野外常可以看見白蟻築成的蟻道，方便白蟻在陰暗且受保護的環境下移動。
- 六、白蟻喜歡在溼度適中的環境築巢，但並不排斥往乾燥的地方移動，乾燥的砂石反而方便白蟻搬運回巢穴築巢。
- 七、白蟻適合活動的溫度為 20-25 度 左右，過低溫的環境白蟻行動力會減弱，進入冬眠狀態。
- 八、白蟻喜歡台灣欒樹和檸檬桉，樟樹的樟腦味對白蟻有一定的驅散效果。
- 九、白蟻具有嗅覺，薄荷葉氣味較持久，用來驅散白蟻有一定的效果，蒜香藤葉在氣味未消失前白蟻也不喜靠近。左手香對人類氣味最為明顯，但白蟻卻不排斥，甚至喜歡靠近及啃食。
- 十、白蟻具有聽覺，能聽到的音頻範圍和人類差不多，在音頻 10000Hz 左右的聲音白蟻會稍微避開，但因為和人類可聽的範圍重疊，故不適合用聲音來進行白蟻的防治。
- 十一、若一般的老舊木造房子或是木作器具，可以選擇用白蟻較不喜歡的木材當作材料，例如樟樹。
- 十二、白蟻的爬行能力很差，因此一般住家人可以設置成垂直面較光滑的階梯狀，或是在梁柱兩端設置光滑的金屬板，並保持室內通風乾燥。
- 十三、可以在一般較陰暗的角落增加光線，白蟻對明亮的光較為排斥，喜歡棲息在陰暗處。

十四、可以在白蟻容易入侵的點噴灑薄荷精油或放置搗碎後的薄荷葉、蒜香藤葉，可以防止白蟻經過。

十五、左手香對白蟻來說是一種很特別的食物，白蟻會啃蝕左手香(詳見影片 <https://youtu.be/ahclpDEwLVY>)，但是隔天就會死亡，經過進一步實驗後，我們發現左手香汁液可以降低白蟻活動力，並造成群聚死亡，推測左手香對黑翅土白蟻來說是種慢性毒，因此可以利用工蟻餵養其他階級的白蟻時，將含有殺蟲特性左手香傳播出去，因此左手香可能可以製作成天然消滅白蟻聚落的藥劑。

## 捌、未來研究方向

一、本次土白蟻的採集，受限於工具與地形地貌的關係，僅能採集在外圍活動的工蟻和兵蟻，並未能真正找出蟻后，下次可利用更專業的機具和尋求專業的團隊協助採集，才能完整的對黑翅土白蟻家族的每個社會階層進行行為生態的觀察研究。

二、本研究原本想利用 Tracker 物理實驗影像分析軟體進行白蟻在各種趨避實驗的路徑分析，但因為白蟻的數量過於眾多造成無法辨視物體移動路徑，之後的實驗可將背景影像設定更單純，以單一白蟻個體進行各種刺激下白蟻的移動軌跡紀錄。

三、本次研究主要是進行黑翅土白蟻初步的防治探討，未來可以進一步進行左手香誘餌的製作實驗，並評估其他可行的防治方式。

## 玖、參考資料

一、汪澤宏等人(2016)。台灣的白蟻及危害樹木白蟻之防治手冊。台北：行政院農業委員會林業試驗所。

二、金門傳統建築白蟻防治及維護管理研究(2003)。檢索日期：108年2月15日  
[http://digital-kinmen.kmnp.gov.tw/ezfiles/0/1000/attach/15/pta\\_114\\_8856723\\_96070.pdf](http://digital-kinmen.kmnp.gov.tw/ezfiles/0/1000/attach/15/pta_114_8856723_96070.pdf)

三、台灣物種名錄。檢索日期：108年2月16日  
<http://taibnet.sinica.edu.tw/home.php>

## 【評語】 080313

1. 探討黑翅土白蟻的各種偏好性，研究主題切合生活問題，記錄詳實，問題敘述明確，觀察仔細，能系統性收集資料，並發現控制白蟻的方式，值得鼓勵。
2. 用描圖紙紀錄移動軌跡，以疊圖方式呈現不同個體的軌跡變化，實驗方法設計周全，控因及變因清楚、適當及完整，但建議紀錄本逐日呈現原始資料。
3. 發現左手香具有殺死白蟻之功效，未來具有發展成安全的生物性殺蟲劑。
4. 黑翅土白蟻對不同聲音頻率的趨避行為研究中，設計音頻與人類或白蟻所聽到的聲音做實驗，但是白蟻的實驗中是因為震動所造成的機械感受？還是真的聽到聲音？研究者應該先釐清聲音與藉由物質震動所產生的機械感受兩者是不同的，不宜妄加論斷。白蟻對頻率的趨性實驗可延伸思考為對振動的感知。

## 摘要

本研究探討黑翅土白蟻的生態行為與防治方法。我們觀察校園內白蟻棲地，歸納白蟻喜歡在廢棄木材的區域用紅土築巢，為了進一步研究土白蟻的生態行為，我們設置其適合生存的人工環境，並設計了明暗、濕度、溫度、木材喜好、音頻、氣味趨避等實驗。發現土白蟻適宜的生存環境為陰暗且具適當溼度；土白蟻最適合活動的溫度介於20-25度之間；而且牠們可以聽到的音頻範圍可能和人類接近，以10000Hz的音頻驅離效果最好；土白蟻喜歡檸檬桉和台灣欒樹的樹枝且對氣味極為敏感，以薄荷葉的驅散效果最為明顯，左手香氣味刺鼻，但白蟻並不排斥，且出現啃食左手香情形，但是隔天就會死亡，推測左手香對黑翅土白蟻來說是種慢性毒，可能可以製作成天然消滅白蟻聚落的藥劑。

## 壹、研究動機

一次下課遊戲時，我們在校園的森林步道中發現地面竹子外殼上爬著一隻隻看似白色的小昆蟲，在好奇心的驅使下，我們順著蟲子爬行的路線翻開了竹子的外殼，赫然看見裡面出現白茫茫一片，彷彿千軍萬馬，陣勢嚇人！這種昆蟲近看似白蟻，但又心存疑問，在請教老師後，我們確定牠是白蟻，而進一步觀察我們還發現竹子內殼上有一條條泥土狀小丘，高高低低，錯縱有致，好像蓋大樓似的，非常有趣。這時我們想到自然領域中三年級曾學過「動物大會師」（動物的生活、動物行為）、四年級「昆蟲家族」（昆蟲特徵、生態行為）等相關知識，促使我們想了解白蟻的生活習性，此外，社會領域「守護我的家鄉」（古厝保存）也提到家鄉的老房子因白蟻的侵蝕而面臨文化保存危機，因此，除了探討白蟻的生活習性外，我們也想進一步知道白蟻防治的方法，於是開啟了本次的研究。

## 貳、研究目的與架構

- 一、校園內白蟻的種類、棲息位置的調查。
- 二、設置適合白蟻生存的人工環境。
- 三、白蟻行為大解密—不同材質地面爬行行為、明暗濕度、溫度、木材材質喜好度。
- 四、白蟻的防治方法研究。

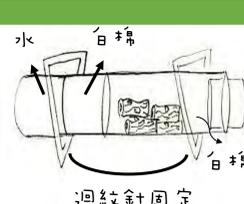
## 參、研究設備與器材

### 一、實驗器材

項目	內容
器材	試管、白棉、針筒、風管、黏土、平板、平板架、噴霧器、水彩筆、鏟子、微距鏡頭。
動物	黑翅土白蟻、家白蟻
植物	台灣欒樹、樟樹、檸檬桉、榕樹、蒜香藤葉、左手香葉、薄荷葉

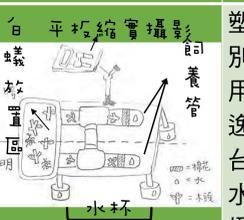
### 二、實驗裝置

#### (一) 白蟻飼養管

設計圖	設計說明	完成實品
	用針筒加風管注水10c.c.，並塞入3公分的白棉維持溼度和供水。試管末端使用迴紋針固定，避免試管滾動。	

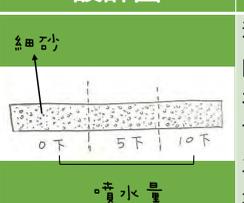
▲圖三 白蟻飼養管

#### (二) 光線趨避實驗裝置

設計圖	設計說明	完成實品
	塑膠盒為白蟻放置區，分別連接二試管，其一試管用黑布蓋住，避免白蟻逃逸或其他昆蟲入侵，把平台架高並在四個角落放置水杯。搭設平板進行縮時攝影，記錄白蟻移動路徑。	

▲圖四 光線趨避實驗裝置

#### (三) 溼度實驗觀察裝置

設計圖	設計說明	完成實品
	利用pp板製作一個長條的容器，鋪上細砂後，在左、中、右分別噴水0下、5下、10下，並架上平板，觀察白蟻移動情形。	

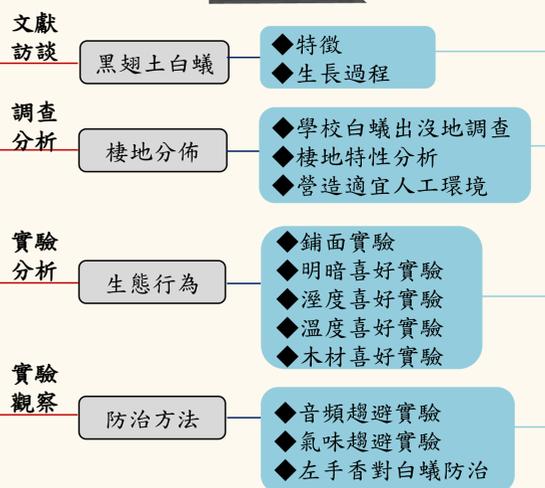
▲圖五 濕度觀察實驗裝置

#### (四) 溫度實驗觀察裝置

設計圖	設計說明	完成實品
	製作一長型容器，左右二端接上保麗龍盒，在二個保麗龍盒分別置入熱水袋及冰袋，放入溫度計，讓溫度保持一致並觀察白蟻移動情形。	

▲圖六 溫度實驗觀察裝置

黑翅土白蟻行為觀察及防治探討



- 校園白蟻種類、棲息位置調查
- 設置適合白蟻生存人工環境
- 白蟻行為大解密
- 白蟻防治方法研究

## 肆、研究過程與結果

### 一、校園內白蟻的種類、棲息位置的調查

#### · 文獻探討

分類階級	本實驗所採集之白蟻屬黑翅土白蟻，其分類階級如下： Kingdom Animalia 動物界 Phylum Arthropoda 節肢動物門 Class Insecta 昆蟲綱 Order Blattodea 蜚蠊目 Family Termitidae 白蟻科 Genus Odontotermes 土白蟻 Odontotermes formosanus (Shiraki, 1909) 黑翅土白蟻	
物種描述	白蟻是蜚蠊目，與蟑螂、螻蛄、蝗蟲為近親，白蟻是漸進變態，發育期中沒有蛹期只有卵期、幼蟲期、成蟲期。依其活動棲息場所及巢穴的建構材料可分為木棲性白蟻、土棲性白蟻、土木棲性白蟻及寄居性白蟻，金門境內常見的土白蟻屬於土棲性白蟻、家白蟻屬土木棲性白蟻。	
生活習性	白蟻族群一開始是由蟻王、蟻后照顧及餵養心孵化中的幼蟻，之後蟻王、蟻后、卵、幼蟻及所有巢內的工作都由工蟻照顧。白蟻是食植性昆蟲，以植物纖維素為主要食物，在群體中工蟻擔任營養的供給者，食物先由工蟻吞入消化道內，經完全消化和半消化的食物從口中和肛門排出，餵給不能取食的蟻后、蟻王、幼蟻及兵蟻。一般白蟻的群體內分成生殖階級，如蟻王及蟻后；非生殖階級則是工蟻兵蟻。工蟻、兵蟻的比例常因食物多少及群體大小而不同。社會成員的組成外由蟻后的荷爾蒙及費洛蒙所控制。	
金門地區分布	危害聚落蟻窠主要以家白蟻為最大族群，但在山后及珠山兩亦有採集到6處土白蟻（山后2處、珠山4處），土白蟻多以聚落外圍樹叢間為主，聚落間傾毀屋內並無發現土白蟻入侵，然而土白蟻群已有漸漸入侵之危機。	

#### 【研究1-1】校園中白蟻喜好的棲息位置為何？

發現地點	中庭榕樹下	樹木支架	木遊具廢棄區	舊舊庫前	木花架	蒲葵樹
棲地光線	中	亮	暗	亮	亮	亮
棲地種類	紅土層	木材	紅土層	地板裂縫	枯枝	紅土層
乾溼程度	溼	乾	溼	乾	乾	中
白蟻數量	少	中	極多	極少	中	少

#### 討論：

1. 我們發現白蟻大部份棲息在廢棄木材的區域且喜愛用紅土築巢。
2. 廢棄木遊具區，發現有大量的白蟻，以空心廢棄竹子內數量最多。



廢棄木材容易發現白蟻蹤跡 用水彩筆採集避免傷害白蟻 竹子內發現大量白蟻棲息

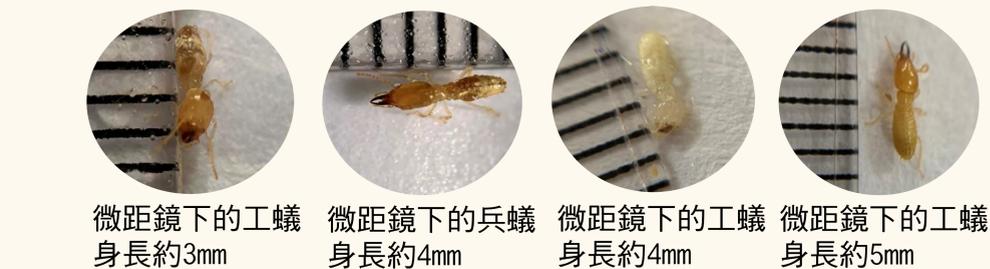
白蟻非蟻  
黑翅土白蟻的生態行為觀察與防治

## 【研究1-2】校園中白蟻的種類與外觀為何？

地點	中庭榕樹下	樹木支架	木遊具廢棄	舊倉庫前	木花架	籃球場
種類	黑翅土白蟻	黑翅土白蟻	黑翅土白蟻	黑翅土白蟻	黑翅土白蟻	家白蟻
圖片						

結果：

1. 學校所發現白蟻種類，多數為黑翅土白蟻，僅一處發現家白蟻。
2. 研究文獻指出，金門一般古厝大部份出現的白蟻種類為家白蟻，但近年來也有發現黑翅土白蟻入侵的跡象。
3. 白蟻棲地經過人為打擾後，隔天再去探勘時就很難在同一地點發現白蟻蹤跡，推測白蟻對於環境的變化極為敏感。
4. 因白蟻有上述特性，加以本校家白蟻棲地只有一處，採集上較不容易，因此本研究的實驗大部份以黑翅土白蟻為主，家白蟻的則以行為觀察為主要研究方法。
5. 家白蟻的體型較黑翅土白蟻大，且家白蟻工蟻的腹部顏色比較白，黑翅土白蟻工蟻的腹部則帶有黑褐色。



微距鏡下的工蟻  
身長約3mm

微距鏡下的兵蟻  
身長約4mm

微距鏡下的工蟻  
身長約4mm

微距鏡下的工蟻  
身長約5mm

圖1-2-1黑翅土白蟻外觀構造

圖1-2-2家白蟻外觀構造

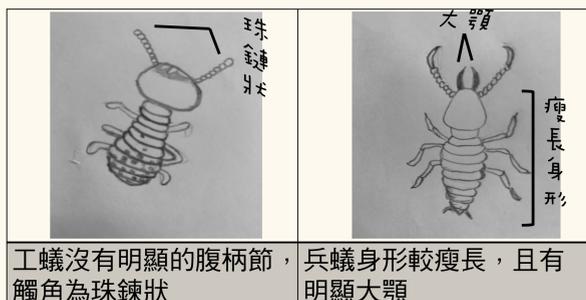


圖1-2-3手繪外觀構造

## 二、設置適合白蟻生存的人工環境。

### 【研究2-1】如何設置適合白蟻生存的人工環境？生態行為為何？

- 結果：
1. 在未經特別安排的人工環境下，隔日飼養盒中的白蟻全軍覆沒，且身體呈現乾燥狀態。
  2. 修正後的環境，所有的白蟻皆順利存活一個月以上，而利用白棉來保溼和供水是長期飼養的關鍵。
  3. 工蟻會分泌適合築巢的物質，我們發現試管壁上有紅土及其他成份的分泌物。



討論：

1. 白蟻棲地大多溼度高，因此推測可能死亡原因是環境過於乾燥。
2. 白蟻的動作不像普通螞蟻如此敏捷，在塑膠飼養盒內不小心跌倒了很難翻身，易造成死亡。
3. 工蟻偶爾會發生身體抖動的情況，推測是在做訊息的傳遞。
4. 工蟻會主動進行環境探索，兵蟻環境變化時就會出現恫嚇姿態。

## 三、白蟻行為大解密。

### 【研究3-1】黑翅土白蟻在不同材質地面的爬行行為為何？

結果：細砂區的白蟻全數存活，黏土區白蟻死亡48隻，存活2隻。



討論：

1. 推測死亡原因：一是黏土所提供抓地力不足，二是白蟻初到新環境會呈現極度緊張的狀態，甚至出現兵蟻用大顎攻擊工蟻情況，導致工蟻死亡。
2. 細砂區的白蟻一開始略顯緊張，之後就四處分散，並在角落往砂底下挖洞。

## 【研究3-2】黑翅土白蟻對明暗的喜好為何？

結果：32隻白蟻移入蓋有的黑布試管，18隻停留在放置區，沒有白蟻進入未遮光的試管中。

討論：

1. 白蟻仍會進入未遮黑布試管，但未在管內停留，熟悉環境後，漸漸往遮黑布試管移動。
2. 白蟻喜歡較陰暗環境，在陰暗處行為較穩定。



白蟻放置區，白蟻可自由進入左右試管，右試管遮黑布、左試管不遮黑布

白蟻幾乎都移動至右邊遮黑布試管，左邊未遮黑布試管內白蟻僅有零星幾隻。

## 【研究3-3】黑翅土白蟻對濕度的喜好為何？

結果：大部份的白蟻在噴5下的區域定居，0下及10下的區域有白蟻來回移動探索。

討論：白蟻會從噴5下的區域往左右兩側移動，並發現工蟻會搬運噴0下區域砂子往噴5下區域移動，進行築巢。



在噴10下及不噴水的區域僅有白蟻移動，並未定居，且工蟻會搬運較乾燥的砂石，

在噴水5下的區域，有白蟻挖洞痕跡。

## 【研究3-4】黑翅土白蟻對溫度的喜好為何？

結果：大部份白蟻在15度和23度區間移動，35度區間則無發現白蟻。

- 討論：
1. 白蟻大部份集中在常溫的區段，約有72隻，活動力旺盛，工蟻持續進行探索及搬運的工作。
  2. 15度區有28隻白蟻，此區白蟻群聚，活動力減弱，甚至一動也不動。
  3. 白蟻適合活動的溫度約在攝氏20-25度，在15度以下就停止活動，溫度過高的區域白蟻不會主動接近。



低溫區的白蟻幾乎一動也不動，

常溫區白蟻活動力旺盛

高溫區未見任何一隻白蟻

## 【研究3-5】黑翅土白蟻對不同木材材質的喜好為何？

結果：大部份白蟻在台灣欒樹附近定居，並在檸檬桉區間移動，少數經過榕樹，樟樹附近則完全無。

討論：

1. 四種樹種中，只有樟樹枝有明顯的樟腦氣味，其餘無明顯味道。
2. 白蟻較喜愛在檸檬桉附近築巢，工蟻在欒樹及榕樹區探索搬運。
3. 樟樹附近無白蟻靠近，推測白蟻具有嗅覺，並不喜歡樟樹的味道。



採集學校常見樹種

白蟻喜歡在台灣欒樹和檸檬桉區間移動

## 四、白蟻的防治方法研究

### 【研究4-1】黑翅土白蟻對不同氣味的趨避行為為何？

結果：

表4-1-1校園氣味植物紀錄

名稱	左手香葉	檸檬桉葉	蒜香藤葉	薄荷葉
圖片				
外觀	厚實、絨毛	薄而細長	較厚較硬	小而薄
觸感	軟軟毛毛的	較為光滑	粗粗的	軟軟的
氣味	藥味重、觸碰即有味道	葉子撕開後有檸檬香味	葉子撕開後有蒜香味	葉子搓揉後有薄荷清香

表4-1-2白蟻面對不同氣味葉片移動路徑

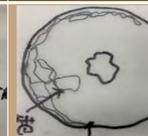
名稱	左手香葉	檸檬桉葉	蒜香藤葉	薄荷葉
單一描圖紙				
重疊				
路徑	移動路徑紊亂，無視左手香存在	移動路徑紊亂，無視檸檬桉存在	偶有一二次靠近蒜香藤，但迅速離開	對薄荷葉會明顯避開，不喜歡薄荷葉

表4-1-3白蟻在各種氣味區域數量

植物名稱	左手香葉	檸檬桉葉	蒜香藤葉	薄荷葉
氣味區數量	20	17	8	0
非氣味區數量	0	3	12	20

討論：

1. 白蟻對氣味具有反應。
2. 左手香的味道對人類最為明顯，但白蟻卻不排斥，對左手香葉視若無睹，甚至出現啃咬葉片的行為，啃蝕左手香的白蟻在數個小時後便會死亡。
3. 白蟻對檸檬桉葉的趨避反應並不明顯；白蟻在靠近蒜香藤葉之後，會馬上後退避開，待約一個小時氣味漸散後，才又靠近。
4. 薄荷葉的趨避效果最為明顯，只在外圍活動。

### 【研究4-2】黑翅土白蟻對不同聲音頻率的趨避行為為何？

結果：

表4-1-1校園氣味植物紀錄

聲音頻率(Hz)	10000	15000	20000
音源區白蟻數	7	18	22
非音源區白蟻數	43	32	28

討論：

1. 白蟻對氣味具有反應。
2. 大部份人類可以聽到的音頻範圍為17000Hz以下，10000Hz的音頻對人類來說明顯刺耳，對白蟻來說一樣具有驅散效果。
3. 15000Hz的音頻對人類來說極為細微，對白蟻來說驅散效果不明顯。
4. 大部份的人類是聽不到20000Hz的音頻，對白蟻來說也不具驅散效果。
5. 白蟻可以聽到的音頻範圍可能和人類接近。



### 【研究4-3】左手香對黑翅土白蟻是否具防治效果？

結果：

表4-3-1左手香汁液對白蟻防治效果

植物名稱	左手香汁液	清水
存活數量	3	18
死亡數量	17	2
死亡情形		

討論：

1. 實驗組僅存3隻白蟻相對照組白蟻活動力較差。
2. 實驗組死亡白蟻，大多屍體聚集且身體呈現黑化狀態，身上表面組織較不完整，疑似被啃蝕或腐蝕。



## 伍、結論

- 一、校園中白蟻最多的地方是在木作遊具區，且學校的白蟻種類較單一，我們發現多數為黑翅土白蟻，僅有一處為家白蟻。
- 二、在溼度和食物控制好的人工環境下，黑翅土白蟻可以順利存活一個月以上。
- 三、工蟻和兵蟻在外觀及工作上有明顯差異，名為白蟻，但與螞蟻卻非近親，白蟻缺少腹柄節且為珠鏈狀觸角。工蟻主要的工作為探索、搬運及餵食，兵蟻具彎曲大顎，遇到危險會張大顎恫嚇攻擊。
- 四、白蟻喜歡粗糙的地面，抓地力及靈活度不及一般螞蟻，很容易失足跌倒。
- 五、白蟻喜歡較陰暗的環境，在野外常見白蟻築成蟻道，方便白蟻在陰暗且受保護的環境下移動。
- 六、白蟻喜歡在溼度適中的環境築巢，但並不排斥往乾燥的地方移動，乾燥的砂石反而方便白蟻搬運回巢穴築巢。
- 七、白蟻適合活動的溫度為20-25度左右，過低溫的環境白蟻行動力減弱，進入冬眠狀態。
- 八、白蟻喜歡台灣欒樹和檸檬桉，樟樹的樟腦味對白蟻有一定的驅散效果。
- 九、白蟻具有嗅覺，薄荷葉趨避效果最明顯，蒜香藤葉在氣味未消失前白蟻也不喜靠近。左手香對人類氣味最明顯，但白蟻不排斥，會靠近及啃食，但隔天即死亡。
- 十、白蟻具聽覺，可聽音頻範圍和人類相近，10000Hz音頻驅散效果最好，但因和人類可聽範圍重疊，故不適合用聲音進行白蟻防治。
- 十一、白蟻防治：
  - (一) 白蟻喜歡陰暗潮溼的環境，故住家要盡量保持明亮乾燥。
  - (二) 白蟻爬行能力不好住家可以在入口處設置階梯減少白蟻進入。
  - (三) 白蟻對聲音和氣味有反應，可選擇白蟻不喜歡的樹木做建材，並在容易入侵處設置薄荷精油或搗碎後的蒜香藤、薄荷葉。
  - (四) 左手香汁液可降低白蟻活動力，造成群聚死亡，推測左手香對黑翅土白蟻來說是種慢性毒，可能可以製作成天然消滅白蟻聚落的藥劑。

## 陸、參考資料

- 一、汪澤宏等人(2016)。台灣的白蟻及危害樹木白蟻之防治手冊。台北：行政院農業委員會林業試驗所。
- 二、金門傳統建築白蟻防治及維護管理研究(2003)。民108年2月15日，取自：[http://digital-kinmen.kmnp.gov.tw/ezfiles/0/1000/attach/15/pta\\_114\\_8856723\\_96070.pdf](http://digital-kinmen.kmnp.gov.tw/ezfiles/0/1000/attach/15/pta_114_8856723_96070.pdf)
- 三、台灣物種名錄。民108年2月16日。<http://taibnet.sinica.edu.tw/home.php>