

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

佳作

080304

幽靈竹節蟲的環境適應性與生存策略

學校名稱：新北市新店區北新國民小學

作者： 小五 周筠庭 小五 李彥澄 小六 王泳心	指導老師： 郭麗娟 陳怡君
---------------------------------------	-------------------------

關鍵詞：幽靈竹節蟲、環境適應性、生存策略

摘要

幽靈竹節蟲（*Extatosoma tiaratum*）是澳洲引進的外來種，在臺灣已經廣為飼養，若逃逸至野外，是否會大量繁衍，影響生態環境？本研究探討其在臺灣的適應與防衛方式，結果發現幽靈竹節蟲在環境的適應性方面，可食用多種果樹和本土植物；風吹時身體會隨風搖擺，融入所處的枝葉環境中；在生存策略方面，幽靈竹節蟲主要採取有性生殖、孤雌生殖為輔的繁殖方式，卵會偽裝成種子以增加孵化率。其防衛方法有剛孵化時會擬態成蜘蛛蟻、若蟲擬態成蠍子、雄成蟲擬態成大螳螂，此外雌蟲會偽裝成帶刺的枝葉等。其體色也能隨著所處的環境改變以融入環境中。若幽靈竹節蟲若逃逸到自然環境中，可能對芭樂等果樹產生衝擊，於相關的飼養與管理，須儘早謹慎因應處理！

壹、前言

一、研究動機

四年級下學期第三單元「昆蟲世界」的自然課，有同學家裡養了很多的棉桿和幽靈竹節蟲，分送給班上同學觀察飼養，大家對於竹節蟲充滿了好奇心。我們發現幽靈竹節蟲的外形特徵和棉桿竹節蟲很不一樣，老師說幽靈竹節蟲是從澳洲引進的外來種，和印象中的竹節蟲很不一樣！有同學問：既然是外來種，牠是怎麼來到臺灣的？再從網路上查詢，發現幽靈竹節蟲在臺灣已經到處有人在飼養了！我們不禁擔心了起來，萬一有人棄養，很有可能已經在野外繁衍開來，那麼就有可能會破壞臺灣的生態環境。而環境工作者簡士傑（2009）也在環境資訊中心投稿提出幽靈竹節蟲可能會破壞生態的警訊。所以我們決定透過研究來了解幽靈竹節蟲的環境適應性與生存策略，期待能了解幽靈竹節蟲也才能防範未然，阻止可能的生態浩劫發生。

二、研究目的

（一）幽靈竹節蟲的環境適應性

1. 探討幽靈竹節蟲是否能適應臺灣的氣候

2. 探討幽靈竹節蟲的食草是否具有多樣性且容易在臺灣取得

3. 探討幽靈竹節蟲是否能模仿枝葉隨風搖擺

(二) 幽靈竹節蟲的生存策略

1. 探討幽靈竹節蟲的生殖方式

2. 探討幽靈竹節蟲的防衛方式

三、文獻回顧

(一) 歷屆科展與竹節蟲相關之研究

題目	研究發現與結論
竹節蟲夜未眠—棉桿竹節蟲斑紋辨識與夜間活動行為探究 (第 60 屆科展國小組生物科)	1. 可利用中胸背板黑色斑點數量及排列圖形，可辨識棉桿竹節蟲個體。 2. 不同的光照環境，會影響棉桿竹節蟲活動行為的時段分布與時間長短。
林間隱者—影響棉桿竹節蟲生長因子之探究 (第 51 屆科展國小組生物科)	1. 若蟲體色會因低溫改變原本翠綠的體色自然轉而成為麥褐色。 2. 專一食用朱槿全花的棉桿竹節蟲可存活天數較長。但卵的孵化率極低，若蟲存活率為『0』。
不要一直注意人家的美腿啦！ (棉桿竹節蟲的步行晃動與擬態晃動頻率) (第 49 屆科展國小組生物科)	1. 若蟲步行會晃動，但成蟲不會。 2. 擬葉晃動原因可能是模擬葉片晃動的偽裝能力 3. 利用身體搖晃，可增加足部末端的吸附力。
樹上忍者—棉桿竹節蟲的生態研究 (第 49 屆科展國中組生物科)	1. 複眼會隨著光線改變顏色。 2. 具有負趨地性、有趨光性但不明顯。 3. 光線顏色對體色變化有影響，綠光與藍光會使軀幹與步足的體色趨褐色，軀幹上斑點更為突起、明顯。
台灣皮竹節蟲和飛竹節蟲生活史與食草之比較 (第 42 屆科展國小組生物科)	1. 兩種竹節蟲的食草都屬多食性。 2. 飛竹節蟲是孤雌生殖；臺灣皮竹節蟲是兩性生殖。 3. 飛竹節蟲比較耐乾旱；臺灣皮竹節蟲則喜陰暗、潮溼。

分析：

1. 根據上表可知目前為止，有關竹節蟲的研究，幾乎都是針對棉桿竹節蟲。
2. 其中關於防衛的部分，有關研究棉桿竹節蟲的步行晃動與擬態晃動頻率，發現若蟲步行會晃動，但成蟲不會，此發現可做為幽靈竹節蟲擬葉晃動的實驗參考。
3. 「樹上忍者－棉桿竹節蟲的生態研究」則發現綠光與藍光會使軀幹與步足的體色趨褐色，軀幹上斑點更為突起、明顯，其實驗方法可用於幽靈竹節蟲體色變化的實驗中。
4. 在台灣皮竹節蟲和飛竹節蟲生活史與食草之比較研究中，兩種竹節蟲的食草都屬多食性。其食草的種類與餵食實驗可做為幽靈竹節蟲食草的實驗參考。

(二) 網路蒐集資料：

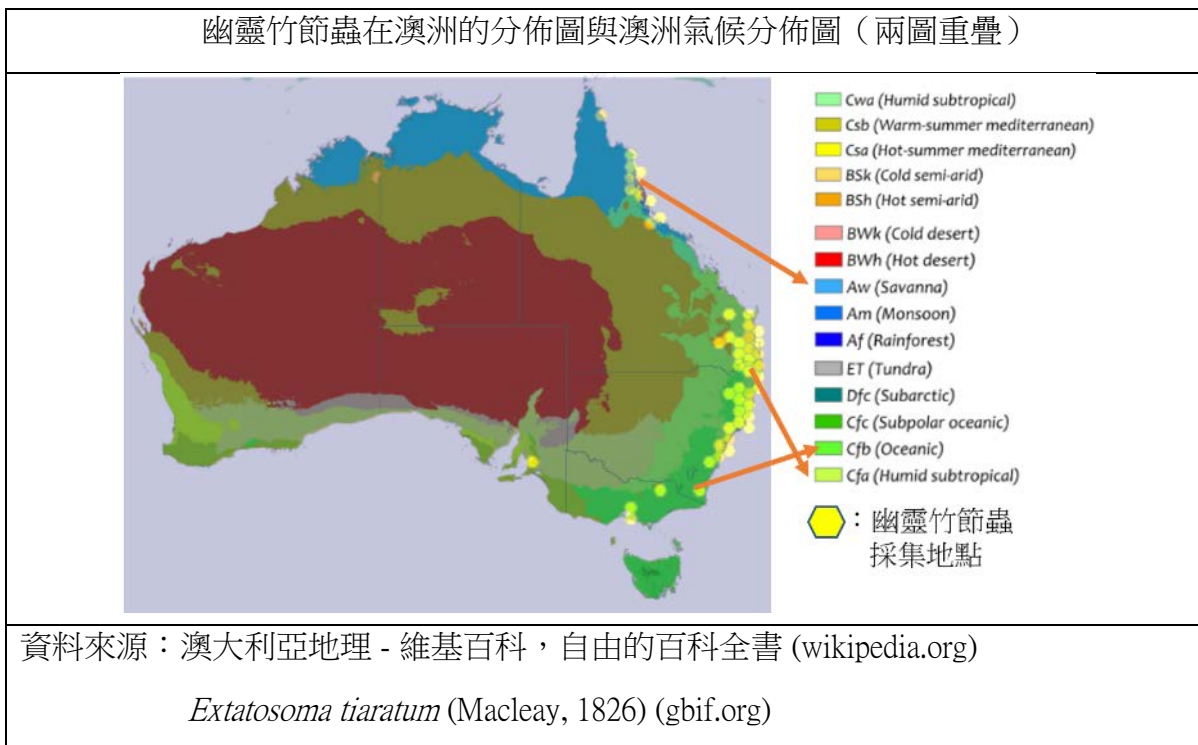
1. 幽靈竹節蟲基本資料：

學名	<i>Extatosoma tiaratum</i>
科別	竹節蟲科
產地	澳洲
食草	金絲桃科、殼斗科、桃金孃科等植物的葉片
外型特徵	<ol style="list-style-type: none">1. 卵的階段任務：假裝成種子，吸引螞蟻咬回溫暖而保濕的蟻窩，蟻窩會保持25°C的常溫，以利卵之孵化。2. 一齡階段任務：擬態成螞蟻快速暴走，迅速的向上與向光直衝尤加利樹上。3. 二齡階段任務：開始變得不躁動，行為與外表模仿荊棘枝葉隨風搖曳，遇威脅時總把前雙腳抬高並把尾部往上翹，形成蠍子狀來警告入侵者！此雙態模仿狀況會持續到成蟲。4. 五齡蟲：雄蟲五齡就會成蟲，體型會模仿肉食的褐色大螳螂。5. 六齡蟲：雌蟲此時已是亞成體，身體的尺寸已與成蟲相仿，外型上就如同帶有棘刺的身體及具有斑駁葉片的六肢。
生態習性	<ol style="list-style-type: none">1. 屬於夜行性昆蟲。2. 當有雄蟲時，雌蟲行有性生殖，沒有雄蟲時，可以單獨行孤雌生殖，所產下的都是雌的。3. 屬於漸進不完全變態的昆蟲，生活史從卵→若蟲→成蟲三個階段。成長期需經過六次脫皮，才能長大成蟲，時間約為3個月。

	4. 卵像個超迷你手榴彈，經過5個月漫長成長後才會破殼而出。
繁殖策略	1. 主要採取有性繁殖，但當雌性沒有交配時，就會採取孤雌生殖。 2. 孤雌生殖的若蟲通常比較弱，卵化所需要的時間幾乎是受精卵的兩倍。受精卵在4到6月後孵化，孤雌生殖卵則會6到12月後孵化。
資料來源	台灣常見昆蟲（蔡秀錦2017） 幽靈竹節蟲大解密-一生都在模仿變身的高手 Giant Prickly Stick Insect - <i>Extatosoma tiaratum</i>

2.幽靈竹節蟲的原生環境氣候調查：

(1)根據全球多樣性機構的調查顯示：從 1826 年至 2023 年 1 月，在澳洲採集到的幽靈竹節蟲樣本共計 484 隻，發現幽靈竹節蟲的分佈區域集中在東北部和東南部的靠海岸森林裡。再與澳洲的氣候分布圖做比對（將兩圖做重疊處理），幽靈竹節蟲一部份分佈於東北部的熱帶莽原氣候區，較大部份分佈於東南部的副熱帶溼潤氣候和一部分的海洋性氣候區。



(2)再調查臺灣的氣候型態，發現臺灣與幽靈竹節蟲分佈最多的澳洲東南部沿海，都是屬於副熱帶溼潤氣候區，而且地理分佈也都是靠海，兩者完全吻合，但是南、北半球的季節相反。

設計實驗，找出幽靈竹節蟲改變體色的機制。

(3)幽靈竹節蟲受到風吹拂時會像與其所在葉子左右搖擺的角度一致，比對前述棉桿竹節蟲的步行晃動與擬態晃動頻率實驗，兩者的實驗結果有些差異，我們決定也進行兩種竹節蟲的受風實驗，以了解牠們受風後的反應。

貳、研究設備及器材

一、研究器材：

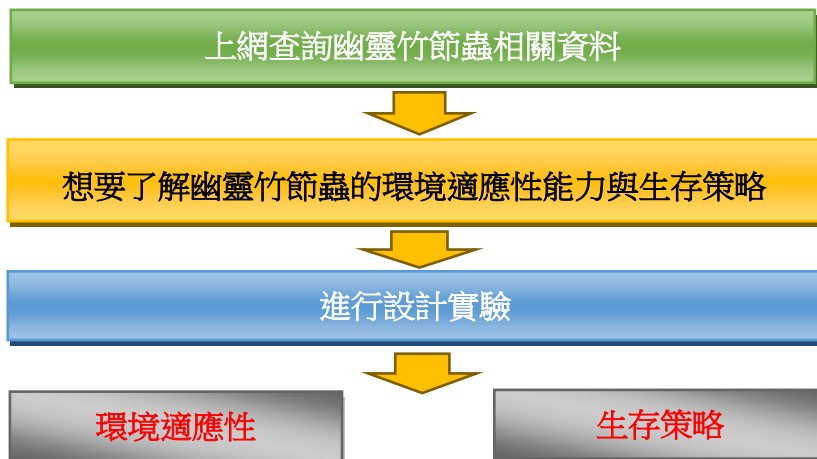
0.001~20g 微量電子秤x1 個	5 倍放大鏡x2 支	昆蟲觀察盒x2 個	平板x5 台
45cmx45cmx120cm 大型網箱	昆蟲飼養箱x20 個	圓形塑膠筒x10 個	水彩筆 5 支
各色壓克力水彩x12 支	紗布x6 網	食草：芭藥葉	食草：蓮霧葉
樹枝x10 枝	青苔x10 片	含地衣樹枝x10 枝	白碎石x1Kg
課桌專用切割墊x1 張	顏色對照表x1 張	保水瓶x20 個	黑碎石x1Kg
大型量角器x2	吹風機x1	風速器x1	氣溫計x1

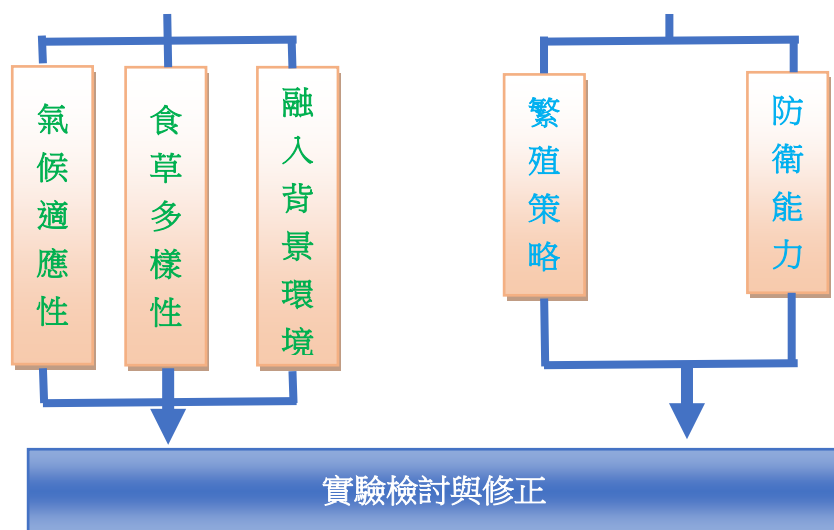
二、使用餵食植物：

芒果葉	臺灣欒樹葉	桑葉	櫻花葉	玫瑰葉	龍眼葉	福木葉	構樹葉	薔薇葉
樟樹葉	梅樹葉	梨葉	島榕葉	酪梨葉	九芎葉	茄冬葉	桂花葉	芭樂葉
番薯葉	饅頭果葉	榕葉	蓮霧葉					

參、研究過程或方法

一、研究流程






二、研究方法

(一) 幽靈竹節蟲的環境適應性

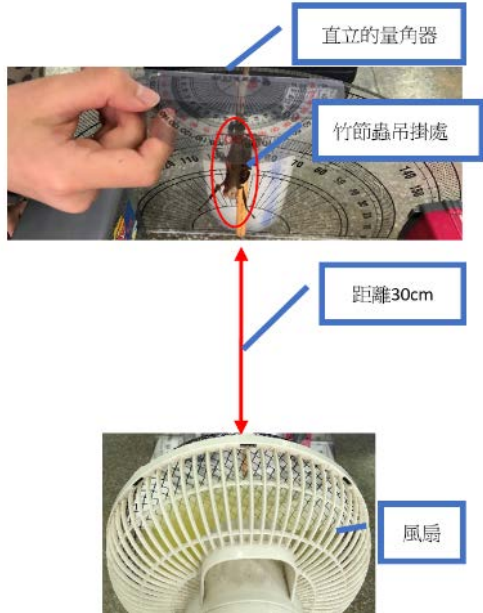
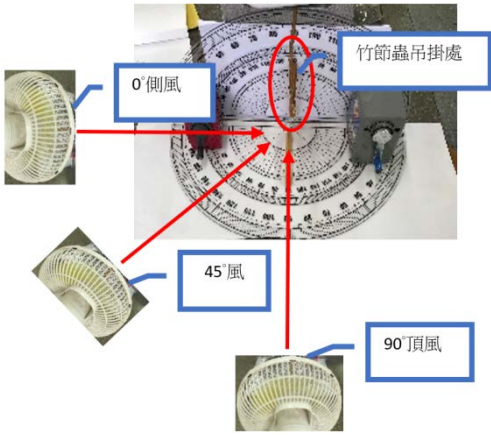
1. 探討幽靈竹節蟲是否能適應臺灣的氣候

探討問題	實驗方法
研究 1-1： 了解幽靈竹節蟲的生命週期是否已能配合臺灣的季節	1. 以 45cm×45cm×120cm 的大型網箱，裡面放置芭樂樹盆栽做為食草，飼養幽靈竹節蟲，找出幽靈竹節蟲的生命週期，並與臺灣的季節做比對，飼養時間為 111 年 4 月～112 年六月。

2. 探討幽靈竹節蟲的食草是否具有多樣性且在容易在臺灣取得

探討問題	實驗方法
研究 2-1： 找出幽靈竹節蟲喜歡吃哪些食草	1. 準備21種校園中能取得的桃金孃科、桑科、無患子科、薔薇科等植物：芒果葉、臺灣欒樹葉、桑葉、櫻花葉、玫瑰葉、龍眼葉、福木葉、構樹葉、薔薇葉、樟樹葉、梅樹葉、梨葉、島榕葉、酪梨葉、九芎葉、茄冬葉、桂花葉、芭樂葉、番薯葉、饅頭果葉、榕葉等。 2. 準備23個方型飼養罐，在每個飼養罐中各放入一段上述枝葉，再各放入一隻竹節蟲，進行為期一天的餵食實驗。各重覆三次實驗。
研究 2-2： 探討棉桿竹節蟲的食草做為對照	將上述食草對食棉桿竹節蟲進行相同實驗，比較兩者的食性。 

3. 探討幽靈竹節蟲是否能模仿枝葉隨風搖擺

探討問題	實驗方法	實驗方法圖片
<p>研究 3-1： 幽靈竹節蟲受到不同風力的搖擺情形</p>	<p>1. 使用4吋電風扇，使用第一段風力，在距離蟲體位置30cm 處，測得的風速為2m/s，使用風扇第二段風力，在距離蟲體位置30cm 處，測得的風速為3m/s，使用這兩種風速，觀察幽靈竹節蟲的搖擺情形。</p> <p>2. 使用4吋風扇的擺動模式，在距離蟲體位置30cm 處，測得的風速為3m/s，對著幽靈竹節蟲吹，觀察幽靈竹節蟲受到非恆定風的搖擺情形。</p>	
<p>研究 3-2： 以棉桿竹節蟲為對照隨風搖擺</p>	<p>1. 對棉桿竹節蟲使用上述3-1的實驗方法進行相同實驗，比對棉桿竹節蟲的搖擺情形。</p>	
<p>研究 3-3： 幽靈竹節蟲受到不同風向的搖擺情形</p>	<p>用定向風3m/s 的風速，對著距離30cm 處幽靈竹節蟲，以0°、45°、90°等不同角度吹，觀察幽靈竹節蟲的搖擺情形。</p>	
<p>研究 3-4： 探討棉桿竹節蟲不同風向的搖擺情形做為對照</p>	<p>用定向風3m/s 的風速，對著距離30cm 處棉桿竹節蟲，以0°、45°、90°等不同角度吹，觀察棉桿竹節蟲的搖擺情形。</p>	

(二) 幽靈竹節蟲的生存策略

1. 探討幽靈竹節蟲的生殖方式

探討問題	實驗方法	圖片
研究 1-1： 探討幽靈竹節蟲的生殖方式	從成蟲開始飼養，分成有性繁殖與孤雌繁殖兩組各放入5隻雌成蟲，有性繁殖組放入一隻雄成蟲，再將產下的卵分別記錄並讓其孵化和飼養。 飼養時間：111年9月~112年06月。	
研究 1-2： 探討棉桿竹節蟲的生殖方式做為對照	從成蟲開始飼養，再將產下的卵記錄並讓其孵化和飼養。 飼養時間：111年9月~111年06月。	
研究 1-3： 探討蟲卵偽裝成種子誘食螞蟻實驗	分別在巨黑山蟻、矛巨山蟻和高雄巨山蟻的飼養盒中，各放入2顆幽靈竹節蟲的卵，再觀察誘食情形。	

2. 探討幽靈竹節蟲如何利用偽裝與擬態能力來進行防衛

探討問題	實驗方法	圖片
研究 2-1： 幽靈竹節蟲的偽裝能力	在網箱內放置食草，放入10隻幽靈竹節蟲飼養，從中找出幽靈竹節蟲各蟲齡的偽裝能力。	
研究 2-2： 幽靈竹節蟲的擬態能力	在網箱內放置食草，再放入10隻幽靈竹節蟲飼養，從中找出幽靈竹節蟲各蟲齡的擬態能力。	
研究 2-3： 探討棉桿竹節蟲的偽裝與擬態能力做為對照	在網箱內放置食草，再放入10隻棉桿竹節蟲飼養，從中找出各蟲齡棉桿竹節蟲的偽裝與擬態能力。	
研究 2-4： 幽靈竹節蟲是	在昆蟲飼養箱內分別佈置成青苔、葉狀地衣、片狀地衣、黑色樹枝、白色樹枝等環境，再分別放入3隻幽靈竹節蟲飼養，觀察其體色如何變化。	

否靠觸覺辨別 環境顏色轉變 體色					
研究 2-5： 幽靈竹節蟲是 否靠視覺辨別 環境顏色轉變 體色	<p data-bbox="384 342 1409 504">將每一個圓形塑膠罐打洞並貼上紗布，再蓋在方形塑膠罐，分別塗上黑、白、紅、黃、藍、綠及迷彩等顏色，再分別放入3隻幽靈竹節蟲飼養其中，觀察其體色如何變化。</p> 				
研究 2-6： 驗證幽靈竹節 蟲是對紅光反 應特別明顯	<p data-bbox="384 745 1409 907">我們發現紅色罐子的變色能力最強，推測幽靈竹節蟲對紅光反應特別強烈，所以就改良實驗，在飼養箱放置3隻幽靈竹節蟲，再將飼養箱用紅色玻璃紙包起來，再用紅光全天照射，看看是否能讓體色變得更紅，。</p>				
研究 2-7： 探討棉桿竹節 蟲的體色變色 能力做為對照	<p data-bbox="384 969 898 1070">在飼養箱內同時放入3隻棉桿竹節蟲做為對照實驗。</p>				

肆、研究結果

(一) 幽靈竹節蟲的環境適應性

- (1)幽靈竹節蟲的生命週期期：根據實際飼養結果，並與上網調查販賣與飼養幽靈竹節蟲的相關訊息做比對，發現幽靈竹節蟲的生命週期已經能配合臺灣的季節進行生命的循環。
- (2)有性繁殖的生命週期：雌、雄成蟲在 6 月成蟲後，雄成蟲尋找雌成蟲交配，約 1 個月左右雌成蟲開始產卵。平均每天產下一顆卵。雌成蟲壽命約 5 個月。所產下的卵最早於 3 月初孵化，開始新的生命週期。
- (3)無性繁殖的生命週期：雌蟲在 6 月成蟲後，沒有與雄成蟲交配，約 1 個月左右雌成

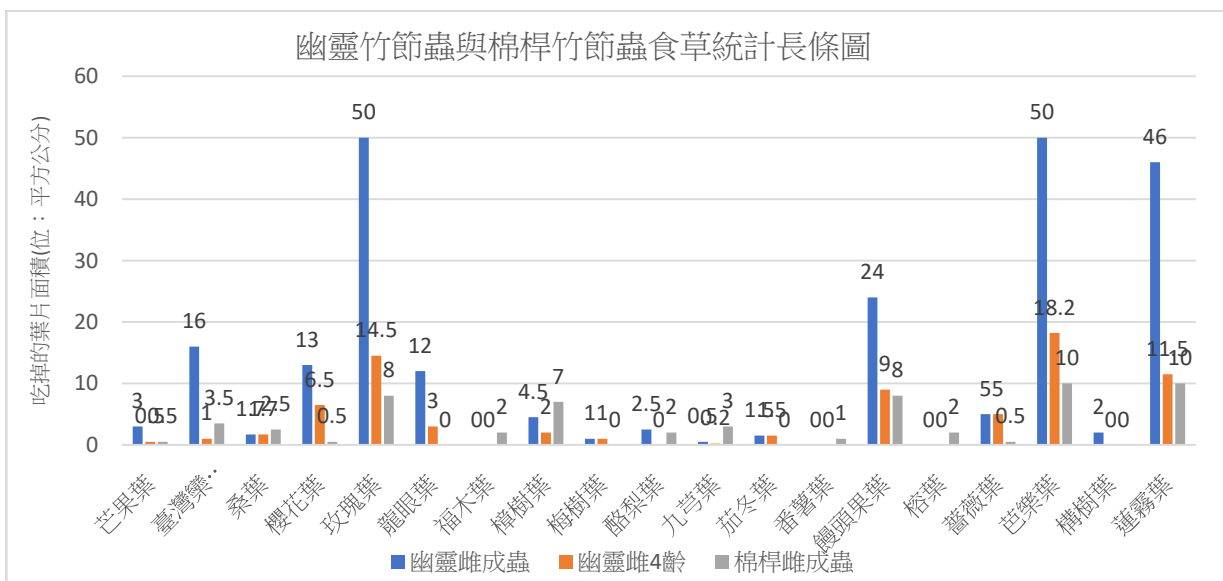
蟲也開始產卵。平均每天產下一顆卵，雌成蟲壽命約 5 個月，和交配過的雌成蟲生命週期大致相同。但是所產下的卵最迄今（6 月初）仍未孵化。

項目	111/04	111/05	111/06	111/07	111/08	111/09	111/10	111/11	111/12	112/01	112/02	112/03	112/04	112/05
若蟲	█													
成蟲				█										
產卵					█									
卵期						█								
孵化													█	

2. 幽靈竹節蟲的食草實驗結果：

(1) 在 21 種植物中，有 13 種植物幽靈竹節蟲會吃，以雌成蟲為例，以玫瑰葉、芭樂葉和蓮霧葉取食最多，其次是饅頭果、臺灣欒樹、櫻花葉、龍眼葉等。

(2) 幽靈竹節蟲和棉桿竹節蟲，其中有 7 種食性是相同的，但是幽靈竹節蟲雌成蟲的體型大於棉桿竹節蟲，其體重約為 23 倍，其中芭樂葉、玫瑰葉、和蓮霧葉都是牠們取食最多的食草，就算是 4 齡蟲的食量都比棉桿竹節蟲大。再從前三名食草比較，幽靈竹節蟲雌成蟲的食量大約為棉桿竹節蟲成蟲的 5 倍。



3. 幽靈竹節蟲隨風搖擺實驗結果

(1) 幽靈竹節蟲受到不同風力的搖擺情形

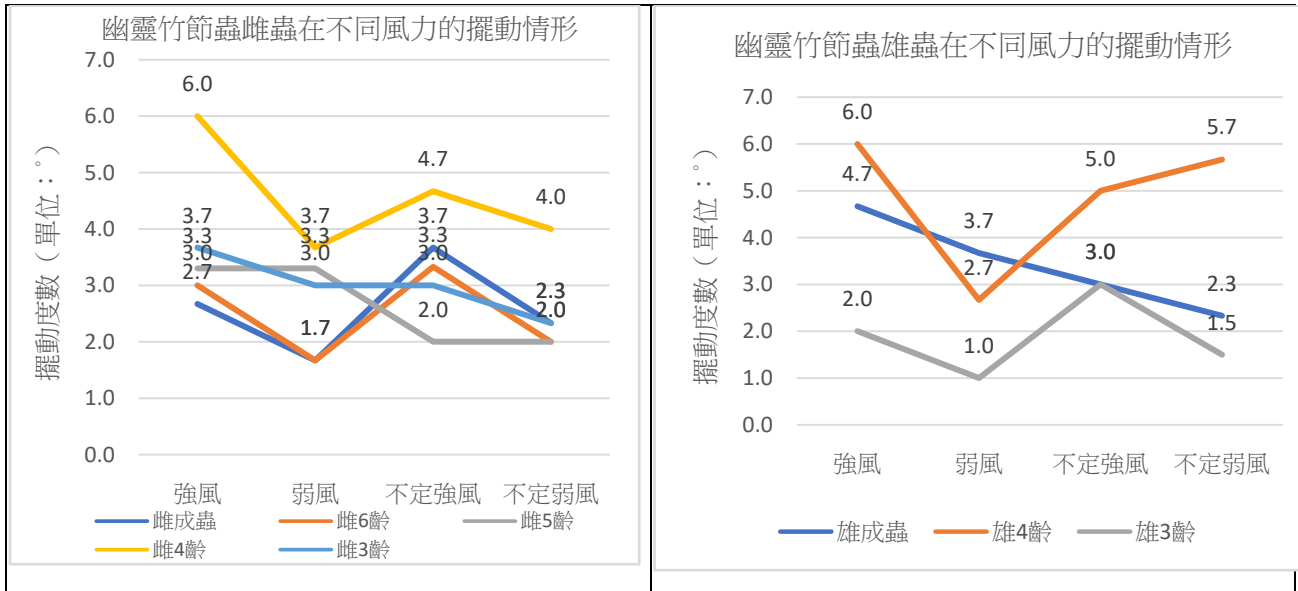
A. 風力愈強，搖擺幅度愈大。

B. 不定向風的搖擺幅度小於定向風，只有被風吹到時才會擺動。

C. 雄蟲和雌蟲在 4 齡的時候擺動幅度最大，原因是 3 齡蟲會想要爬走，雄成蟲因

有翅膀所以被風吹時會想要飛走，所以兩者的擺動較不穩定。

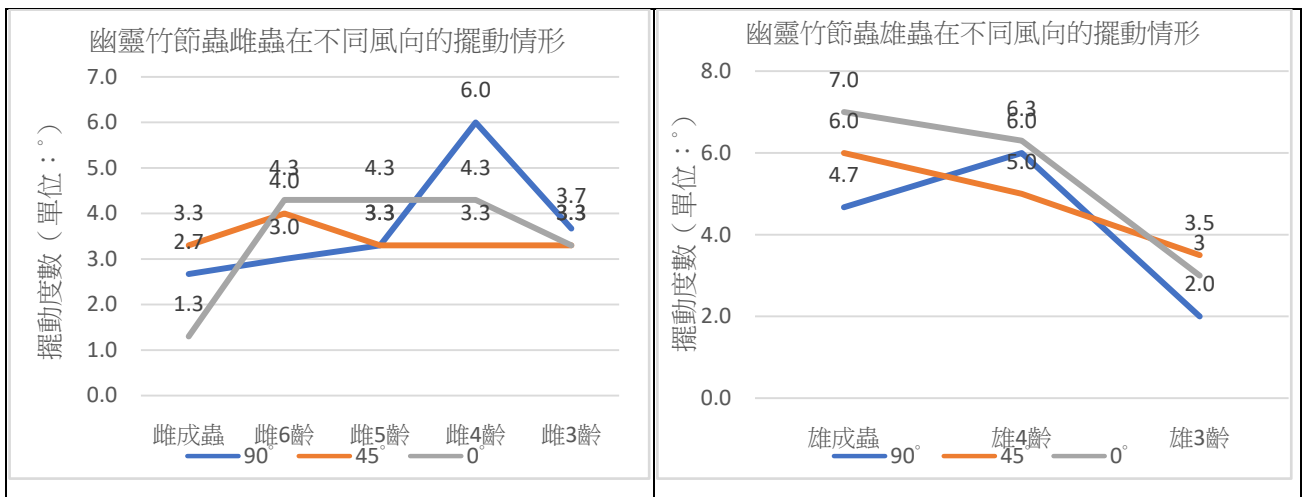
D. 受到風吹時，只有三或四隻腳抓住樹枝，以腳為支點，被風吹動身體，也就是隨風擺動，而不是用自己的力量擺動，這也解釋了體型愈大的雌蟲搖擺幅度愈小。



(2) 幽靈竹節蟲受到不同風向的搖擺實驗結果：

A. 平均來說，在受到 0°側風吹拂時，因蟲體受風面積大，所以搖擺幅度也大。

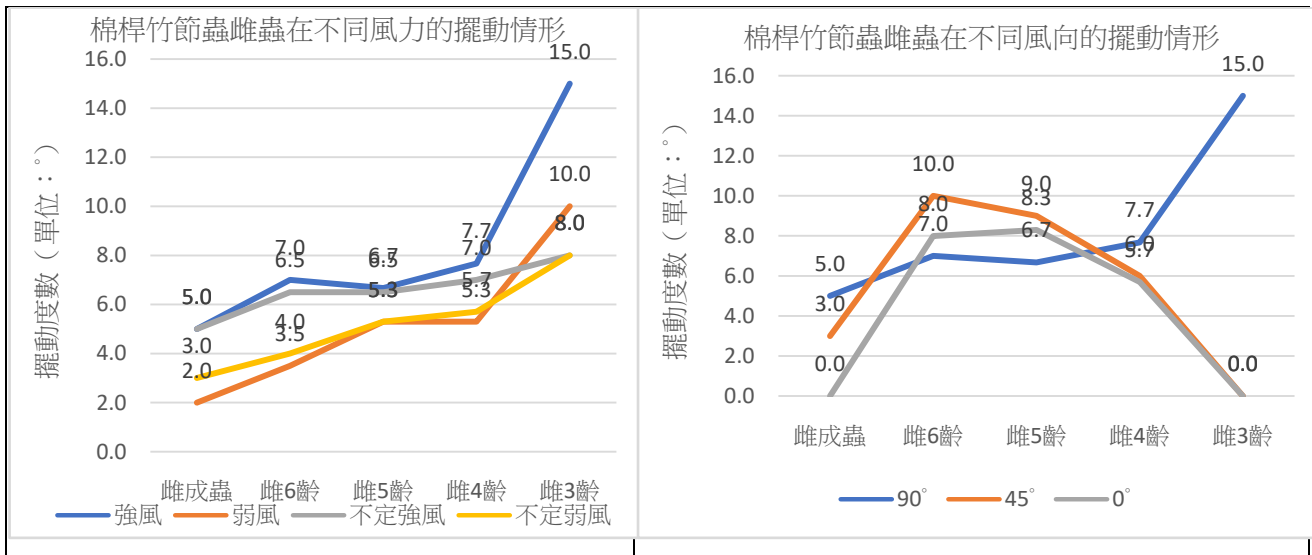
B. 雄成蟲因為會飛，在受到 45°和 0°側風吹拂時，會大幅擺動並掙扎，甚至張開翅膀企圖飛走。



(3) 棉桿竹節蟲隨風搖擺實驗結果：

A. 棉桿竹節蟲的體型愈小，擺動幅度愈大。

B. 在 0°側風時 3 齡蟲會逃走，無法測量。



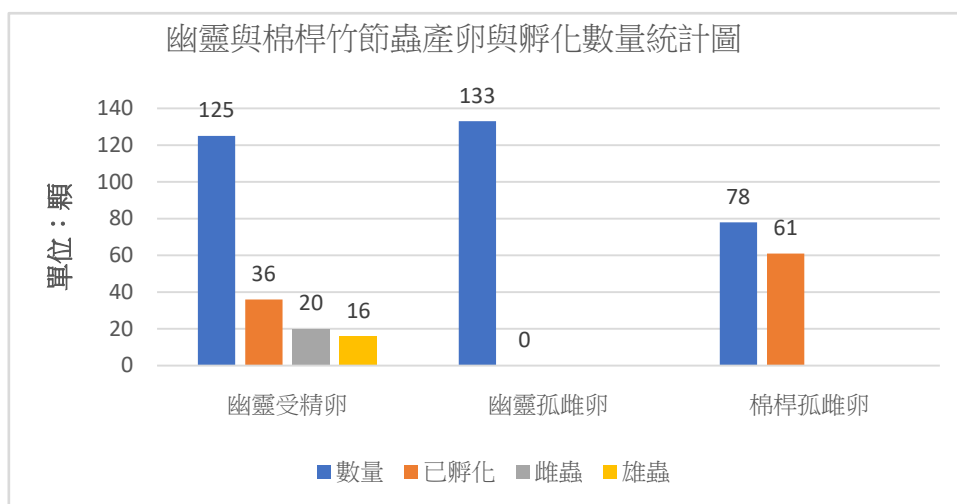
(二) 幽靈竹節蟲的生存策略

1. 幽靈竹節蟲的生殖實驗結果：

A. 幽靈竹節蟲的受精卵與未受精卵的數量比例為125：133，受精卵略少於未受精卵。

B. 受精卵自去年九月開始產卵到目前為止，最早孵化的若蟲是在11月2月3日，卵期約六個月，目前孵化數量是36隻。其中有20隻雌蟲、16隻雄蟲，雌雄比例約為5：4；但是未受精卵截至6月初仍未孵化。

C. 對照組的棉桿竹節蟲只有孤雌生殖的卵，共產下 78 顆卵，卵期約六個月，目前孵化數量是 61 隻。孵化數量多於幽靈竹節蟲。



2. 蟲卵偽裝成種子誘食螞蟻帶回巢以利孵化實驗結果：

(1) 將蟲卵與網路找到的資料做比對，根據資料顯示幽靈竹節蟲的卵會偽裝成金合歡的種子，雖然幽靈竹節蟲的卵長得很像種子，但是一經比對發現兩者外形不盡相

同，但考量螞蟻的視力不佳，猜想可能是利用味道吸引螞蟻。

(2)實驗結果：只有巨黑山蟻將蟲卵凸出誘食的部位吃掉了，但並沒有把卵搬回巢穴。

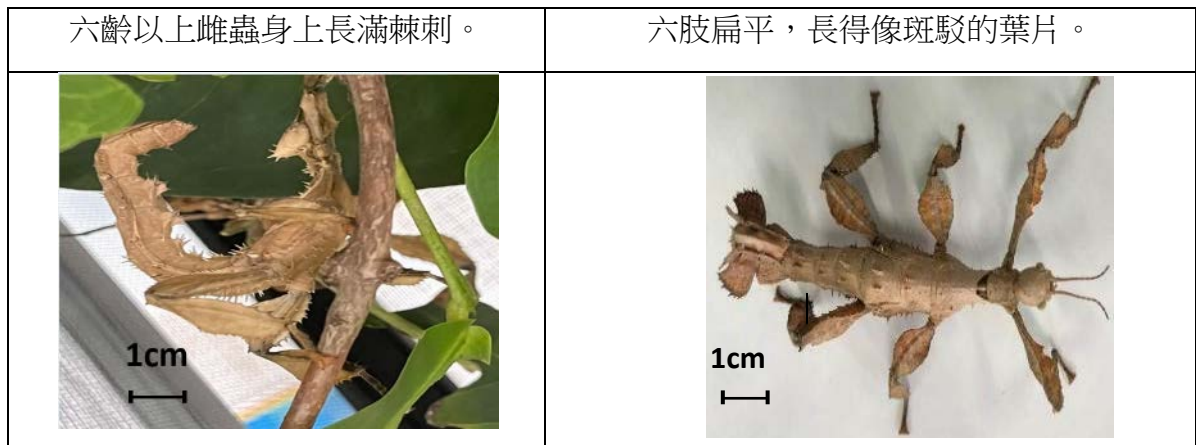
雖然並不是每一種山蟻都會取食，證實蟲卵確實能偽裝成種子吸引螞蟻取食。



3. 幽靈竹節蟲防衛能力實驗結果



(1)偽裝能力實驗結果

A.偽裝成帶刺枝葉：雌蟲從六齡蟲開始，外型上就會長出如同帶有棘刺的身體及具有斑駁葉片的六肢，躲在枝葉中。



(2)幽靈竹節蟲的擬態能力實驗結果





A.一齡階段擬態成螞蟻：根據外國資料顯示，幽靈竹節蟲會被 *Leptomyrme* 屬的螞蟻誤認為是金合歡的種子，並作為食物帶到巢穴，在那裡它們將安全地完成孵化，剛孵化的若蟲更會擬態成寄養它們的螞蟻，快速逃出蟻穴。我們在網路上找到澳洲蜘蛛蟻的圖片（見右下圖），與一齡幼蟲比對，兩者果然很相似，而且一齡幼蟲的爬行速度很快。

剛孵化的一齡若蟲	澳洲蜘蛛蟻
	 <p data-bbox="826 607 1394 645">資料來源：<i>Leptomyrmex unicolor</i> - AntWiki</p>

B.擬態成蠍子：根據資料顯示二齡階段開始，無論是雌蟲或雄蟲遇到威脅時，都會把前雙腳抬高並把尾部往上翹，擬態成蠍子來警告入侵者，而且會一直持續到成蟲。但是依據我們的觀察發現一齡若蟲孵化後，紅色的頭部會慢慢轉變成黑色，此時就會擬態成蠍子。

偽裝成蠍子的一齡若蟲	偽裝成蠍子的雌蟲。	偽裝成蠍子的雄蟲。
		


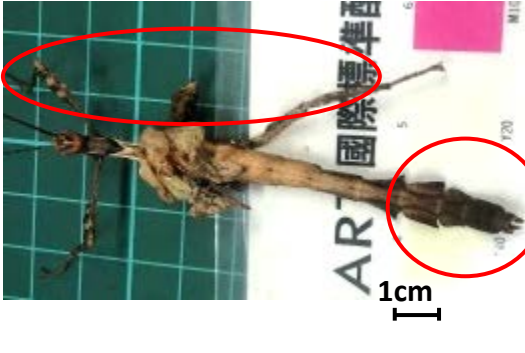
C.擬態成螳螂：雄蟲到了五齡就已經成蟲，這時體型會擬態成肉食性的褐色大螳螂。根據找到的資料發現幽靈竹節蟲擬態對象可能是澳洲樹枝螳螂；但是雌成蟲不會擬態成螳螂，而是偽裝成有刺的植物枝葉。

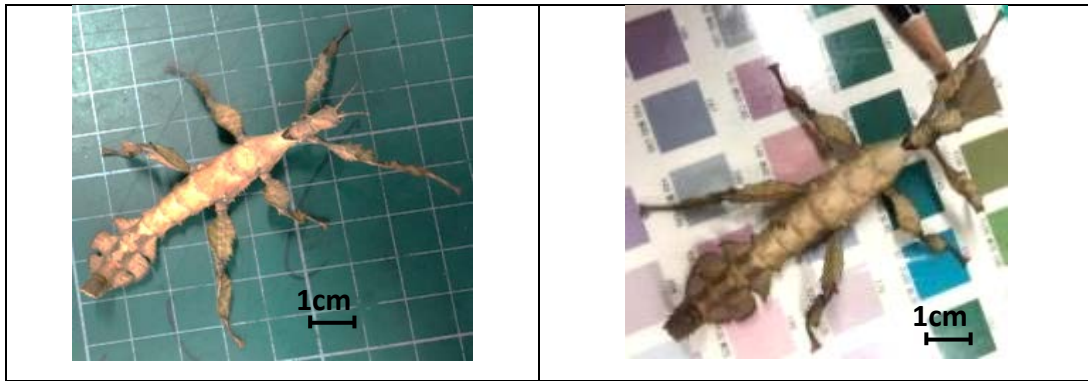
像螳螂的雄成蟲。	澳洲樹枝螳螂(資料來源：台灣螳螂研究院)
	
長滿棘刺的雌成蟲	澳洲木蠍 (資料來源：中文維基百科)
	

4. 幽靈竹節蟲的變色能力驗結果

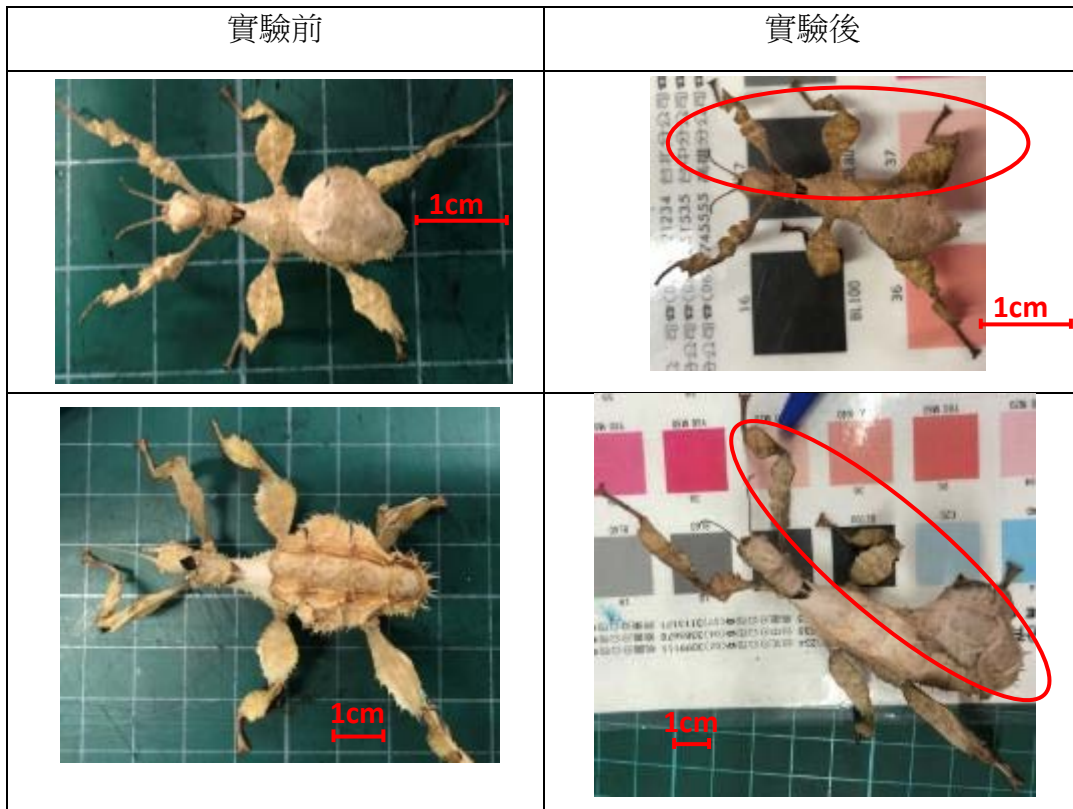
(1) 環境顏色影響體色實驗

A. 在葉狀地衣環境中飼養結果：雄成蟲的六肢和尾部變綠；而雌的若蟲芽翅、六肢和棘刺變綠。

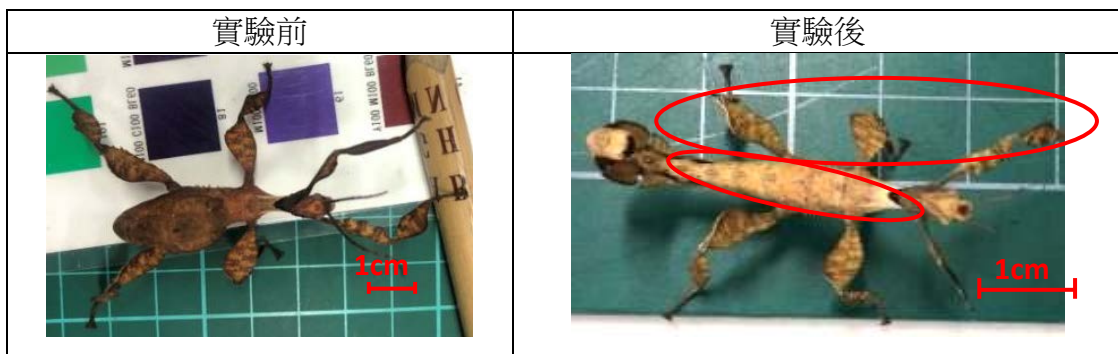
實驗前	實驗後
	

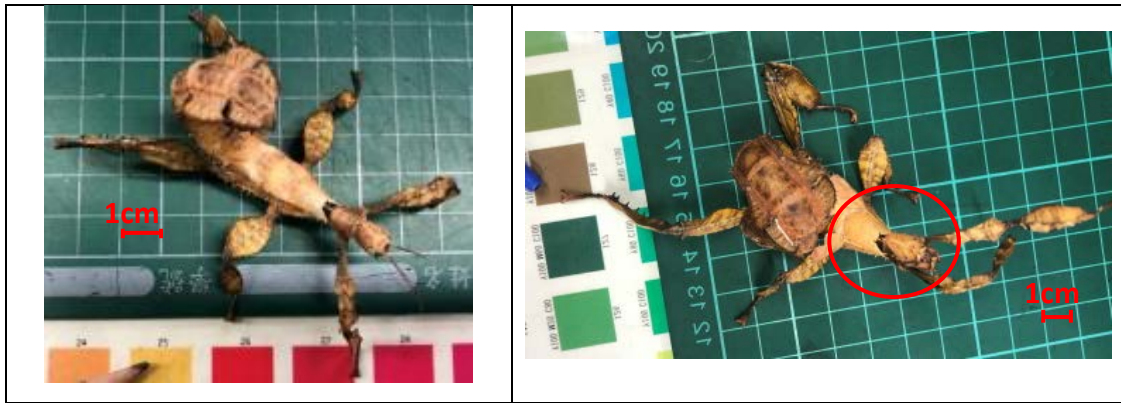


B. 在莖狀地衣環境中飼養結果：其中一隻雌若蟲只有六肢有點變綠，身體則是變得比較棕色。
另一隻則是六肢和尾部變成有點棕綠色。

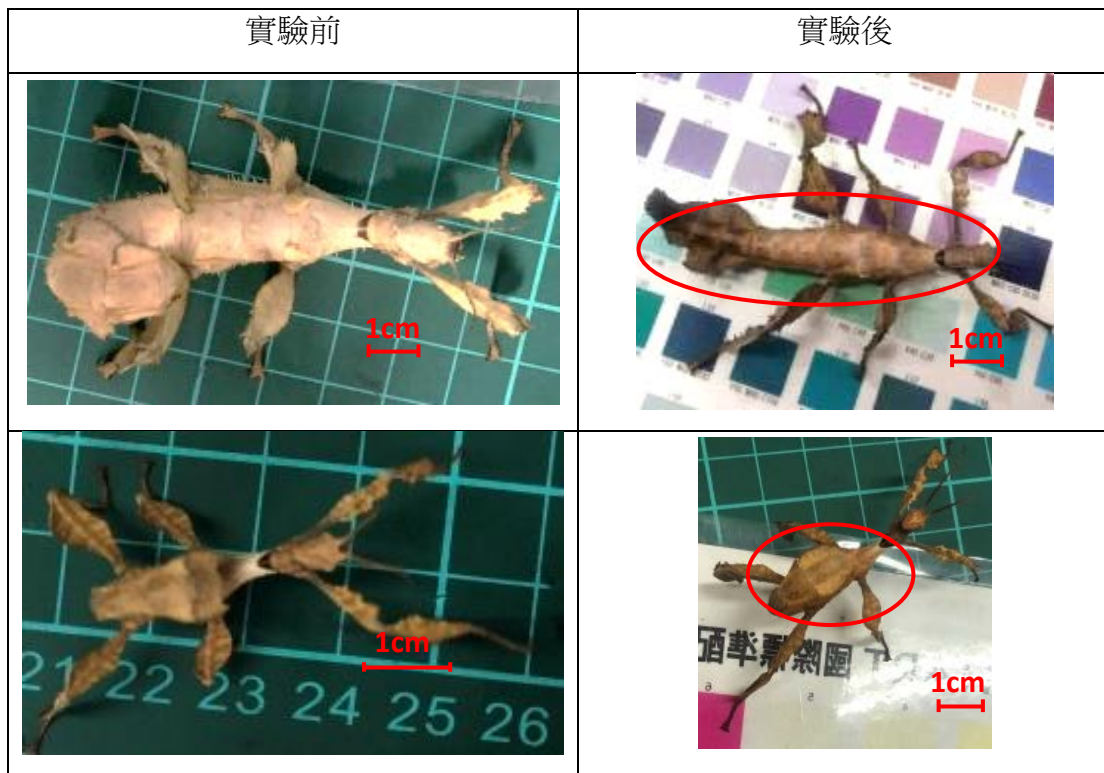


C. 在青苔環境中飼養結果：雄的若蟲身體變成灰綠和六肢關節處變綠色；而雌若蟲的芽翅變成綠色，靠近頭部的地方變成淺綠色。是受到環境變化最大的一組。

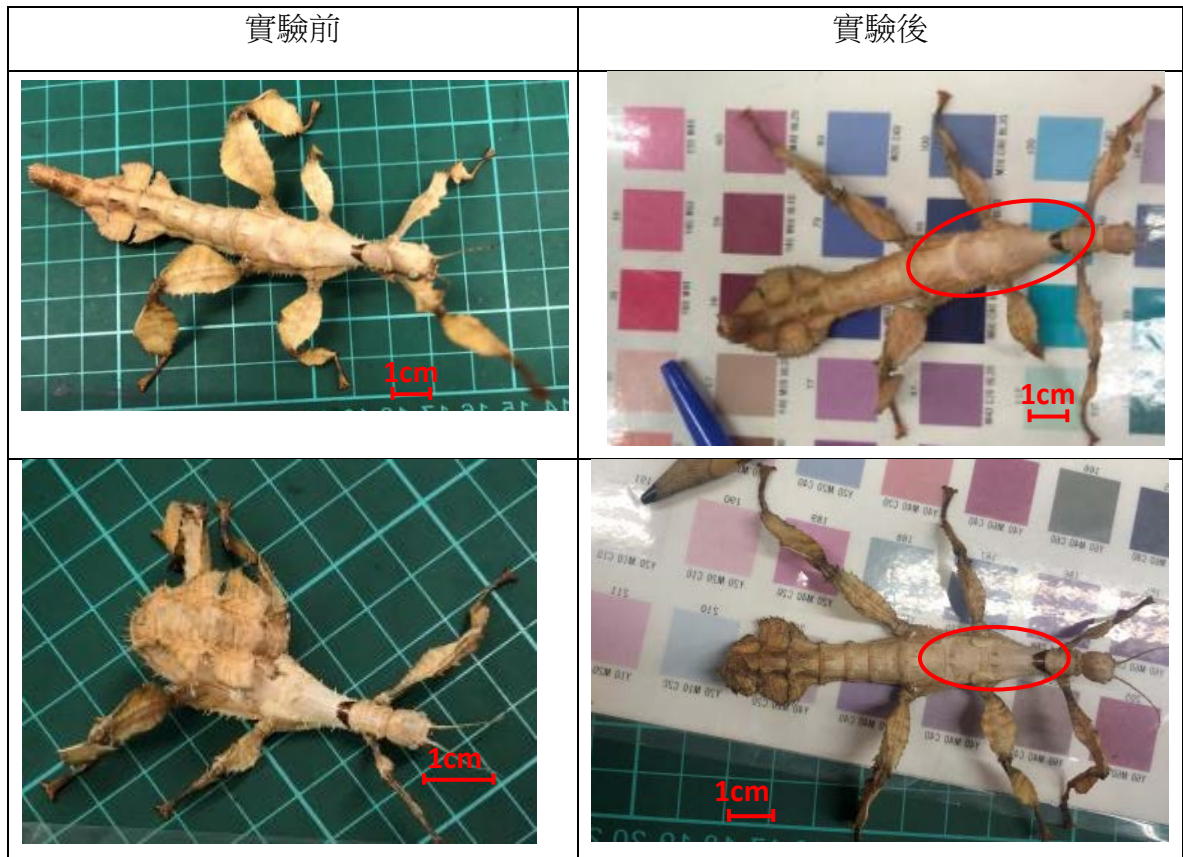




D. 在白色環境中飼養結果：其中雄的三齡若蟲，在二齡的時候身體有變淺，但是脫皮成 3 齡時，身體又變深。而雌若蟲也是身體變深了白色的環境對牠們沒有影響。

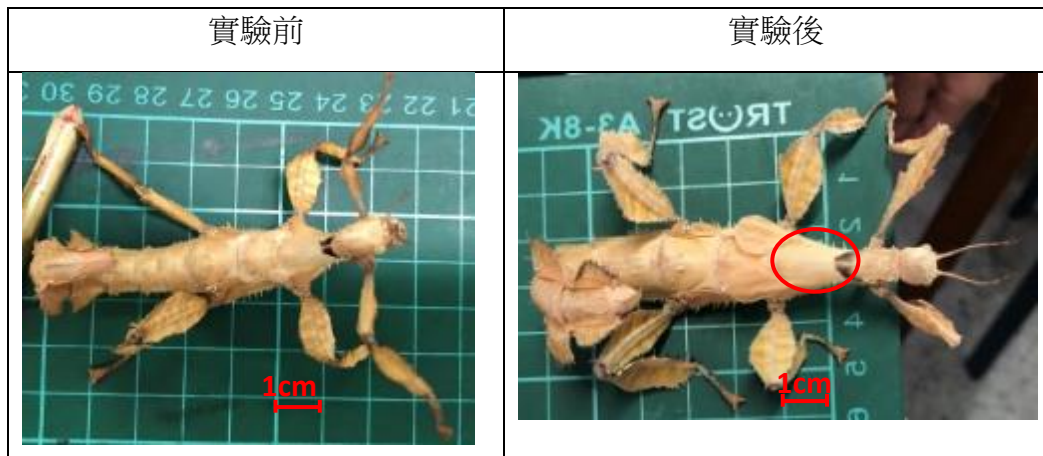


E. 在黑色環境中飼養結果：我們故意將體色較白的若蟲放到黑色的環境中，發現第一隻的背部顏色變得比較深一點；另一隻的背部變得比較灰，對體色有些影響。

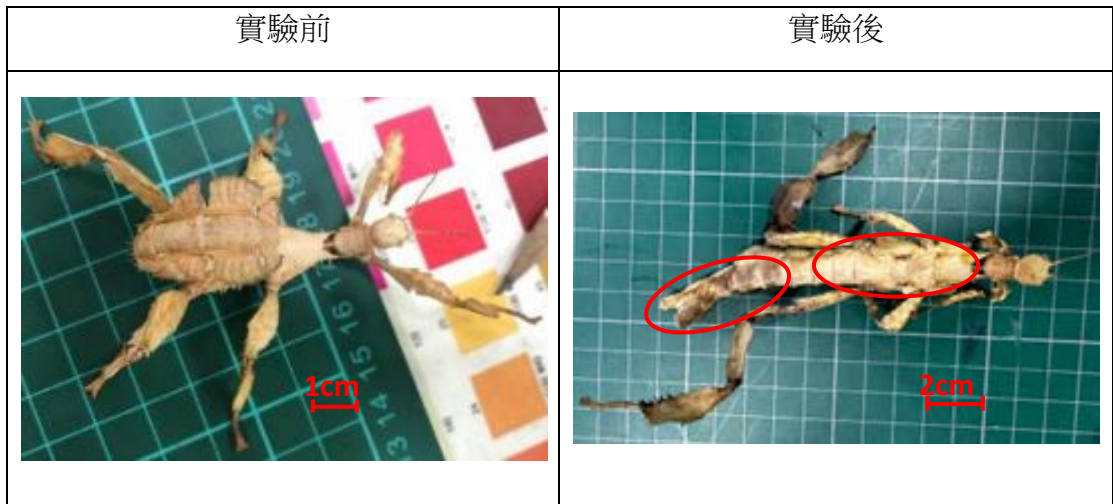


(2)幽靈竹節蟲視覺辨別環境顏色實驗

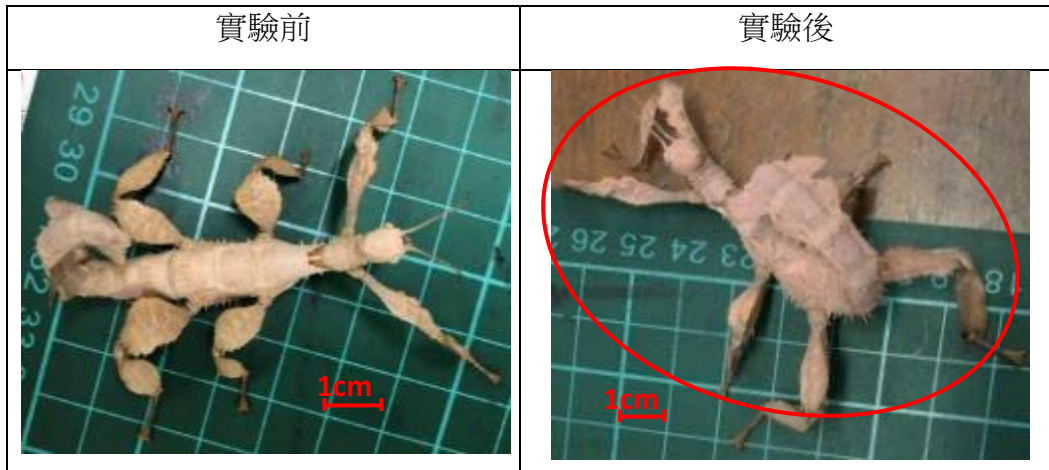
A. 在白色罐子中飼養結果：我們發現雌若蟲成蟲後，只有在脖子附近變比較白。



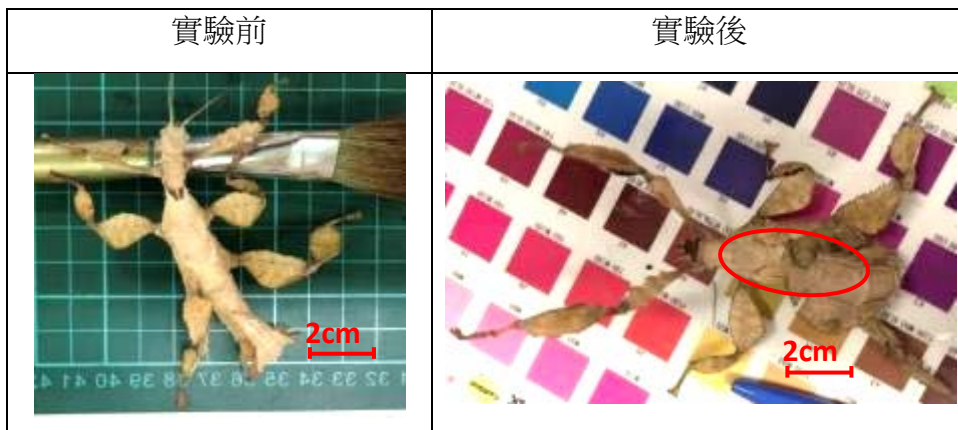
B. 在黃色罐子中飼養結果：我們發現雌若蟲成蟲後，發現體色變棕綠色，尾部則變成棕色。



C. 在紅色罐子中飼養結果：我們發現雌若蟲在脫皮後全身都變成淺粉紅色，是所有各色罐子中變化最明顯的一隻。



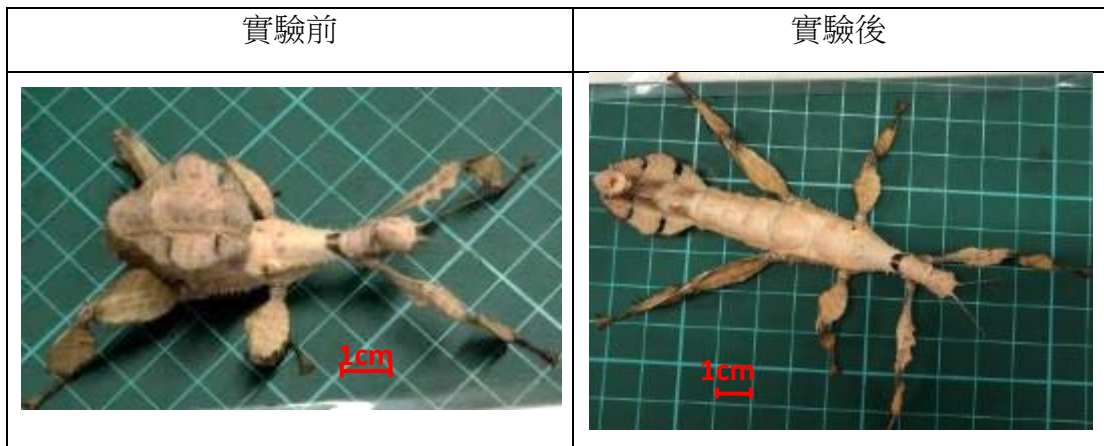
D. 在藍色罐子中飼養結果：我們發現雌若蟲在成蟲後，背部顏色變得比較深，體側變綠。



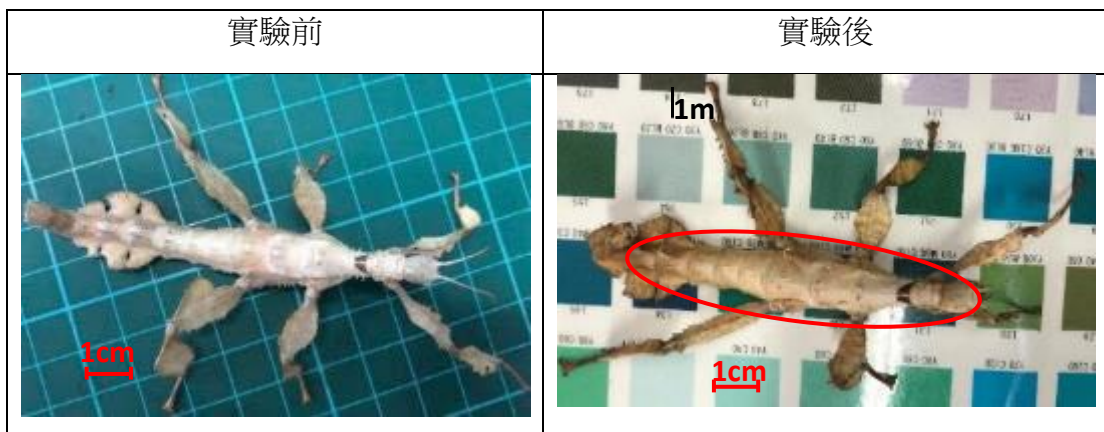
E. 在淺綠色罐子中飼養結果：我們發現脫皮後體色還是沒有變化，真是出乎意料之外。



F. 在深綠色罐子中飼養結果：我們發現脫皮後體色還是沒有變化，和淺綠色結果一致。



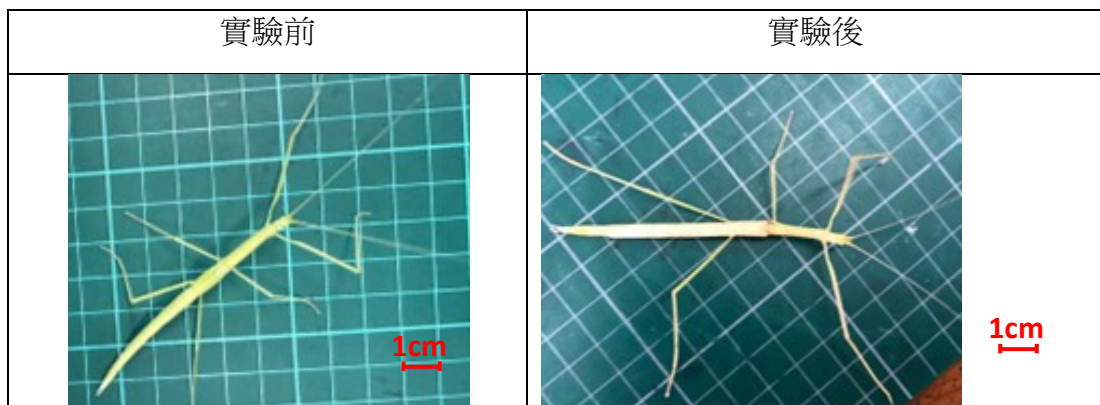
G. 在黑色罐子中飼養結果：我們發現脫皮後，雌若蟲的體色只有變深一點點。



H. 紅光照射實驗結果：原來全身呈現粉紅色的雌若蟲，成蟲後全身變成紅棕色，證實紅光會讓雌蟲變蟲色；但是雄蟲不會變色。



I. 棉桿竹節蟲紅光照射實驗結果：雌若蟲沒有變化，但成蟲後卻比未經照射紅光的成蟲的體色綠，是很意外的結果。



伍、討論

一、在幽靈竹節蟲的環境適應性方面：

1. 幽靈竹節蟲的原生環境氣候與臺灣的氣候同屬於副熱帶溼潤氣候，雖然南、北半球的季節相反，但是幽靈竹節蟲有性繁殖的生命週期已經調整成與臺灣的季節同步，完全適應臺灣。
2. 在食草方面，除了芭樂葉、蓮霧葉和玫瑰葉外，還有臺灣欒樹、櫻花葉、龍眼葉和饅頭

果葉等也都是牠的食草，而幽靈竹節蟲的體型大於棉桿竹節蟲，以雌成蟲為例，其體重約為 23 倍，食量大約為棉桿竹節蟲的 5 倍。不論是果樹、本土植物都會造成有很大危害。

3.幽靈竹節蟲在受風時，不論風力強、弱，不定風力或是不同風向，會以 3~4 隻腳為支點，採取隨風搖擺的方式，既能融入所處的枝葉背景環境中，不被天敵發現，也能更省力。

二、幽靈竹節蟲的生存策略

- 1.幽靈竹節蟲在繁殖策略方面，異於一般的竹節蟲，主要是採取有性繁殖，如此可使基因多樣化、以適應各項環境變異，也能因應環境的變化而進行孤雌生殖，以延續後代。
- 2.幽靈竹節蟲為了要使卵能夠在適當的溫度下孵化，將卵偽裝成金合歡的種子，引誘蜘蛛蟻帶回巢穴內孵化。可怕的是對於臺灣的巨黑山蟻也具有誘食作用。
- 3.幽靈竹節蟲在防衛能力方面，顯然採取異於一般竹節蟲的避敵方式，在不同蟲齡除了體色會隨環境變色以融入環境外，更會擬態成蠍子及螳螂以避開天敵，如鳥類，其防衛能力遠優於一般臺灣原生的竹節蟲。

三、總結：幽靈竹節蟲無疑是已經適應了臺灣的環境，且食量遠大於棉桿竹節蟲，其防衛能力更佳，若逃逸到自然環境中將比棉桿竹節蟲更具競爭性與破壞力，所以飼養幽靈竹節蟲者應當謹慎面對，千萬不要讓牠逃逸至野外，衍生另一個生態問題。

陸、結論

一、幽靈竹節蟲的環境適應與生存策略 SWOT 分析：

優勢 (Strengths)	弱點 (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none">• 繁殖策略：有性繁殖為主、孤殖生殖為輔，既能保有基因多樣性又能保證後代繁衍。• 生命週期已適應臺灣季節。• 食草多樣化，可食用多種果樹與本土樹種。• 偽裝與擬態的能力強，避敵力強。	<ul style="list-style-type: none">• 體型大、食量大，需要取食大量食草。• 雌成蟲無法飛行。• 移動速度較慢。• 孤雌生殖，蟲卵孵化時間是有性生殖的兩倍，還無法適應臺灣的季節。

<ul style="list-style-type: none"> • 融入環境的變色能力強。 	
機會 (Opportunities) <ul style="list-style-type: none"> • 台灣氣候環境與澳洲原生地相似。 • 台灣環境的食草種類多。 • 在台灣已被廣為飼養。 • 台灣對於外來種管制寬鬆。 	威脅 (Threats) <ul style="list-style-type: none"> • 竹節蟲的天敵相當多，如鳥類、鼠類、爬蟲類、蜘蛛和其他捕食性的昆蟲皆可能為竹節蟲的天敵。 • 食量大。

二、幽靈竹節蟲的防治 SWOT 分析

優勢 (Strengths) <ul style="list-style-type: none"> • 雌成蟲體型大、移動速度較慢、且無法飛行，易於捕捉。 • 建議網箱飼養，以免逃逸至野外。 • 採用孤雌生殖，子代體質較弱，且無法配合臺灣季節。 	弱點 (Weaknesses) <ul style="list-style-type: none"> • 可孤殖生殖，只要一隻逃逸至野外，就可以繁殖下一代。 • 食草多樣化，可食用多種果樹與本土樹種，防制較難。 • 偽裝與擬態的能力強，融入環境的變色能力又強，較不易被天敵發現。
機會 (Opportunities) <ul style="list-style-type: none"> • 在地的鳥類如喜鵲、臺灣藍鵲和大捲尾等都有捕食昆蟲的食性，又如赤腹松鼠也會捕食樹上的昆蟲，都可能成為幽靈竹節蟲的天敵。 • 一般果樹若有噴灑農藥，吃了可能會死亡。 	威脅 (Threats) <ul style="list-style-type: none"> • 台灣氣候環境與澳洲原生地相似，若野放存活率高。 • 台灣環境的食草種類多，若逃逸至野外食草充足。 • 在台灣已被廣為飼養，有很大的機會逃逸至野外，飼養人當謹慎為之。

柒、參考資料文獻

- 吳沛禧、陳亮瑜、黃琪雅、林武震（2009）。**樹上忍者—棉桿竹節蟲的生態研究**。臺南市長榮中學（國中部）。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 林梵紘、許嫩朋（2002）。**台灣皮竹節蟲和飛竹節蟲生活史與食草之比較**。臺北縣永和國小。第 42 屆中小學科學展覽會作品說明書。

邱靖維、冷明綦、許云瑄、王柏鈞 (2011)。林間隱者—影響棉桿竹節蟲生長因子之探究。

新北市同榮國小。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品說明書。

曾沛穎、周晉瑯、陳冠廷、王滄柔、沈楷軒 (2020)。竹節蟲夜未眠—棉桿竹節蟲斑紋

辨識與夜間活動行為探究。新北市同榮國小。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會說明書。

曾俊翰、洪碩延、楊威典、金伶、孫雅柔、梁芳瑜 (2009)。不要一直注意人家的美腿

啦！(棉桿竹節蟲的步行晃動與擬態晃動頻率)。花蓮縣海星國小。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會作品說明書。

簡士傑 (2009 年 12 月 30 日)。關於外來種竹節蟲的一場網路論戰。環境資訊中心。

<https://e-info.org.tw/node/51424>

蔡秀錦 (2017 年 11 月 28 日)。台灣常見昆蟲。南港國小電子書平台。

<https://ebooks.nkps.tp.edu.tw/book/list.php?type=15>

科普學習資源-偽裝與擬態。國立自然科學博物館。

<https://emuseap.nmns.edu.tw/eduResource/ShowObject.aspx?id=0b81a1f9a70b81da29fa0b81d8a688>

幽靈竹節蟲大解祕-一生都在模仿變身的高手。PSG-9 幽靈竹節蟲。竹節坊。

<https://www.hop888.com/PSG-9.html>。

珙桐博物 (2021 年 1 月 18 日)。物種簡介——幽靈竹節蟲。

<https://ppfocus.com/0/pe8dd1b39.html>

Elizabeth G. P., Mia K. L., & Tiernan, A. (2023) Color under pressure: how multiple factors shaped defensive coloration. *Behavioral Ecology*, 34(1), 1 - 13.

<https://doi.org/10.1093/beheco/arac056>

Koppen World Map Hi-Res.png: Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2011. April 4)

Humid subtropical climates. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14786119>

Xue B., Mark A. E., & Richard A. P. (2016) The swaying behavior of *Extatosoma tiaratum*: motion camouflage in a stick insect? *Behavioral Ecology*, 27(1), 83 - 92.

【評語】 080304

本作品主旨在於探討幽靈竹節蟲的環境適應與防衛方式。實驗結果得知幽靈竹節蟲可食用多種果樹和本土植物，在生存策略方面，主要採取有性生殖、孤雌生殖為輔的繁殖方式，其防衛方法有各種擬態。研究主題清楚且聚焦，科學研究方法適切，對於控制變因及操作變因清楚且適當。

建議：

1. 擺動度數如何量測？實驗設計的描述可以再更詳細。
2. 變色能力實驗為甚麼是觸覺跟視覺？觸覺的實驗也有可能是視覺？青苔、葉狀地衣、莖狀地衣顏色一樣嗎？
3. 擬態等於防衛能力嗎？幽靈竹節蟲為何會更具破壞力？實驗有探討嗎？
4. 對於紅光的影響，可以有再深入的探討。
5. 圖表的呈現，折線圖與長條圖呈現資料的差別，需要再確認，以便更精準呈現實驗結果。

6. 對於幽靈竹節蟲的生存策略探討，尤其與螞蟻間的互動關係，是有趣的部分，可以再更進一步探討。
7. 擬態動物以靜止為上策，擺動是否讓幽靈竹節蟲更容易暴露在天敵之下？
8. 擺動頻率與葉片比較是否更容易讓隱匿性消失？
9. 為何必須透過巨山蟻協助而不能自行孵化，透過蟲卵誘食可以讓存活率增加？
10. 探討外來生物的適應性，是否可以觀察建構在新環境中的競合關係，及嘗試繪製食物鏈。

作品海報

幽靈竹節蟲的環境適應性與生存策略



壹、前言

一、研究動機

四年級下學期第三單元「昆蟲世界」的自然課，有同學家裡養了很多的棉桿和幽靈竹節蟲，分送給班上同學觀察飼養，大家對於竹節蟲充滿了好奇心。我們發現幽靈竹節蟲的外形特徵和棉桿竹節蟲很不一樣，老師說幽靈竹節蟲是從澳洲引進的外來種，和印象中的竹節蟲很不一樣！有同學問：既然是外來種，牠是怎麼來到臺灣的？再從網路上查詢，發現幽靈竹節蟲在臺灣已經到處有人在飼養了！我們不禁擔心了起來，萬一有人棄養，很有可能已經在野外繁衍開來，那麼就有可能會破壞臺灣的生態環境。而環境工作者簡士傑（2009）也在環境資訊中心投稿提出幽靈竹節蟲可能會破壞生態的警訊。所以我們決定透過研究來了解幽靈竹節蟲的環境適應性與生存策略，期待能了解幽靈竹節蟲也才能防範未然，阻止可能的生態浩劫發生。

二、研究目的

(一) 幽靈竹節蟲的環境適應性

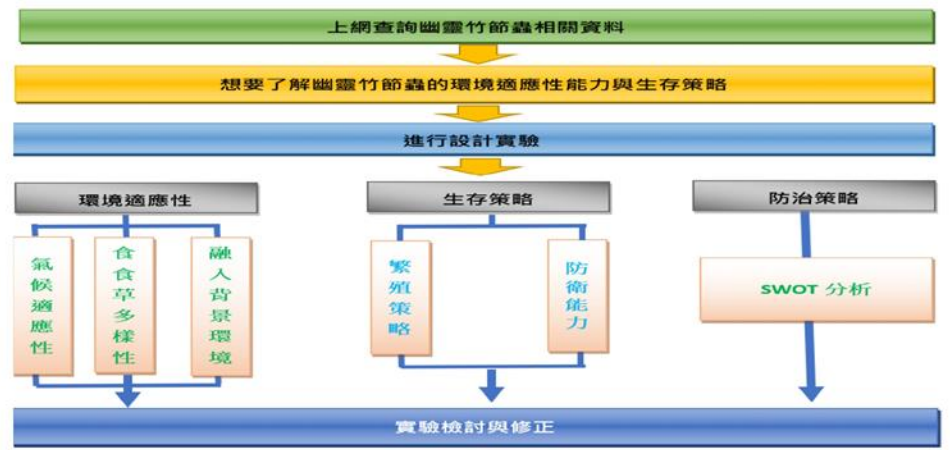
1. 探討幽靈竹節蟲是否能適應臺灣的氣候
2. 探討幽靈竹節蟲的食草是否具有多樣性且容易在臺灣取得
3. 探討幽靈竹節蟲是否能模仿枝葉隨風搖擺

(二) 幽靈竹節蟲的生存策略

1. 探討幽靈竹節蟲的生殖方式
2. 探討幽靈竹節蟲的防衛方式

(三) 探討幽靈竹節蟲的防治策略

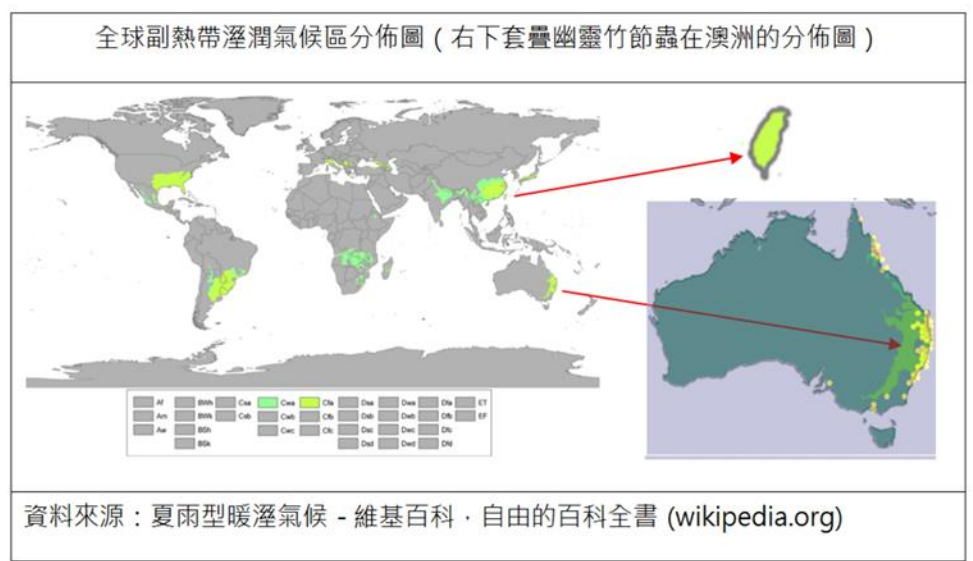
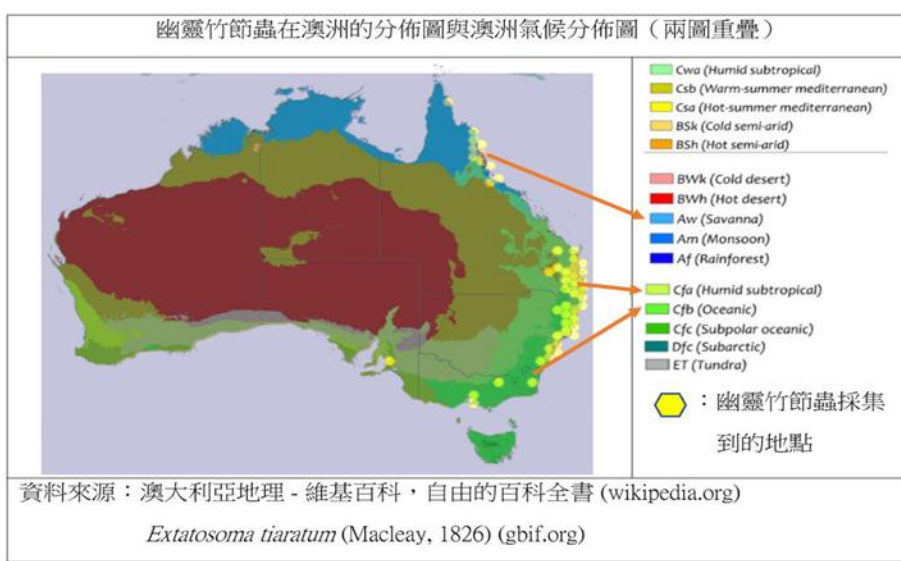
三、研究流程



四、文獻回顧

(一) 幽靈竹節蟲的原生環境氣候調查：

1. 發現幽靈竹節蟲的分佈區域主要集中於東南部副熱帶溼潤氣候區的靠海岸森林裡。
2. 發現臺灣與澳洲東南部沿海，都是屬於副熱帶溼潤氣候區，但是南、北半球的季節相反。



貳、研究方法

一、幽靈竹節蟲的環境適應性

(一) 探討幽靈竹節蟲是否能適應臺灣的氣候

實驗方法	實驗方法圖片
以 45cmx45cmx120cm 的大型網箱，裡面放置芭樂樹盆栽做為食草飼養幽靈竹節蟲，找出幽靈竹節蟲的生命週期，並與臺灣的季節做比對，飼養時間為 111 年 4 月~112 年六月。	

(三) 探討幽靈竹節蟲是否能模仿枝葉隨風搖擺

實驗方法	實驗圖片
1. 使用4吋電風扇，使用第一段風力，在距離蟲體位置30cm 處，測得的風速為2m/s，使用風扇第二段風力，在距離蟲體位置30cm 處，測得的風速為3m/s，使用這兩種風速，觀察幽靈竹節蟲的搖擺情形。	
2. 使用4吋風扇的擺動模式，在距離蟲體位置30cm 處，測得的風速為3m/s，對著幽靈竹節蟲吹，觀察幽靈竹節蟲受到非恆定風的搖擺情形。	
用定向風3m/s 的風速，對著距離30cm 處幽靈竹節蟲，以0°、45°、90°等不同角度吹，觀察幽靈竹節蟲的搖擺情形。	

(二) 探討幽靈竹節蟲的食草是否具有多樣性且在容易在臺灣取得

實驗方法	實驗圖片
準備23種校園中能取得的桃金娘科、桑科、無患子科、薔薇科等植物，在每個飼養罐中各放入一段上述枝葉，再各放入一隻竹節蟲，進行為期一天的餵食實驗。各重複三次實驗。	

二、幽靈竹節蟲的生存策略

(一) 探討幽靈竹節蟲的繁殖策略

實驗方法	實驗圖片
從成蟲開始飼養，分成有性繁殖與孤雌繁殖兩組各放入5隻雌成蟲，有性繁殖組放入一隻雄成蟲，再將產下的卵分別記錄並讓其孵化和飼養。飼養時間：111年9月~112年06月。	
分別在巨黑山蟻、矛巨山蟻和高雄巨山蟻的飼養盒中，各放入2顆幽靈竹節蟲的卵，再觀察誘食情形。	

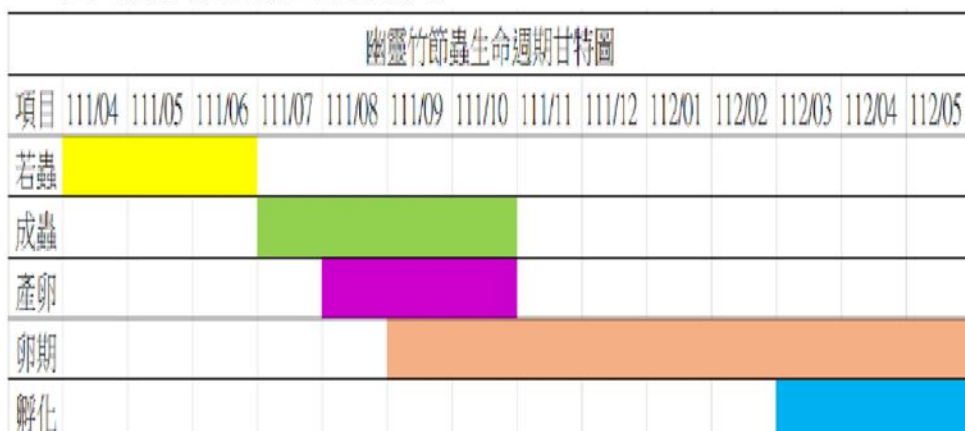
(二) 探討幽靈竹節蟲的防衛能力

實驗方法	圖片
1. 幽靈竹節蟲的偽裝能力實驗	
2. 幽靈竹節蟲的擬態能力實驗	
3. 觸覺辨別環境顏色轉變體色實驗	
4. 視覺辨別環境顏色轉變體色實驗	
5. 驗證紅光反應特別明顯實驗	

參、研究結果

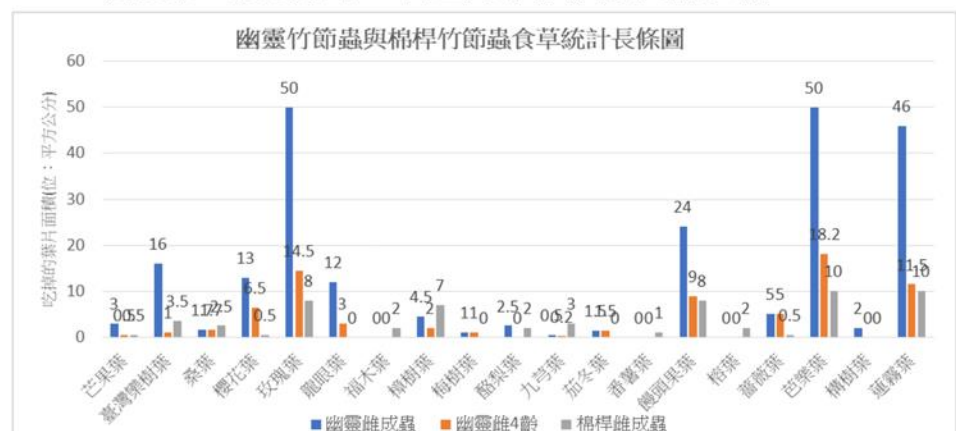
一、幽靈竹節蟲的環境適應性

1. 幽靈竹節蟲的生命週期：發現幽靈竹節蟲的生命週期已經能配合臺灣的季節進行生命的循環。



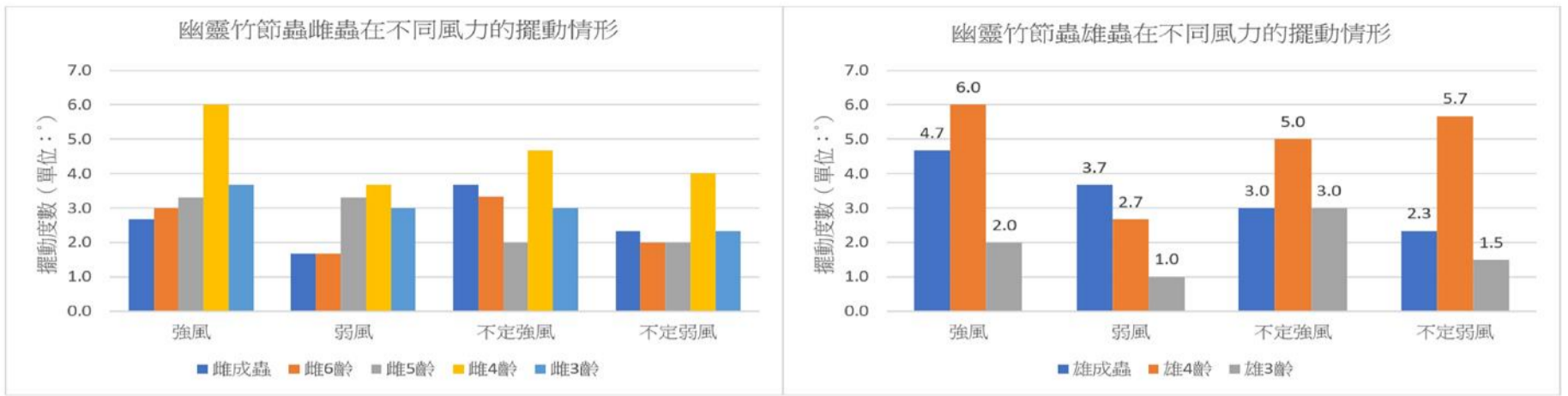
2. 幽靈竹節蟲的食草實驗結果：

- (1) 以玫瑰葉、芭樂葉和蓮霧葉取食最多，其次是饅頭果、臺灣欒樹、櫻花葉、龍眼葉等。食量約為棉桿竹節蟲的5倍。

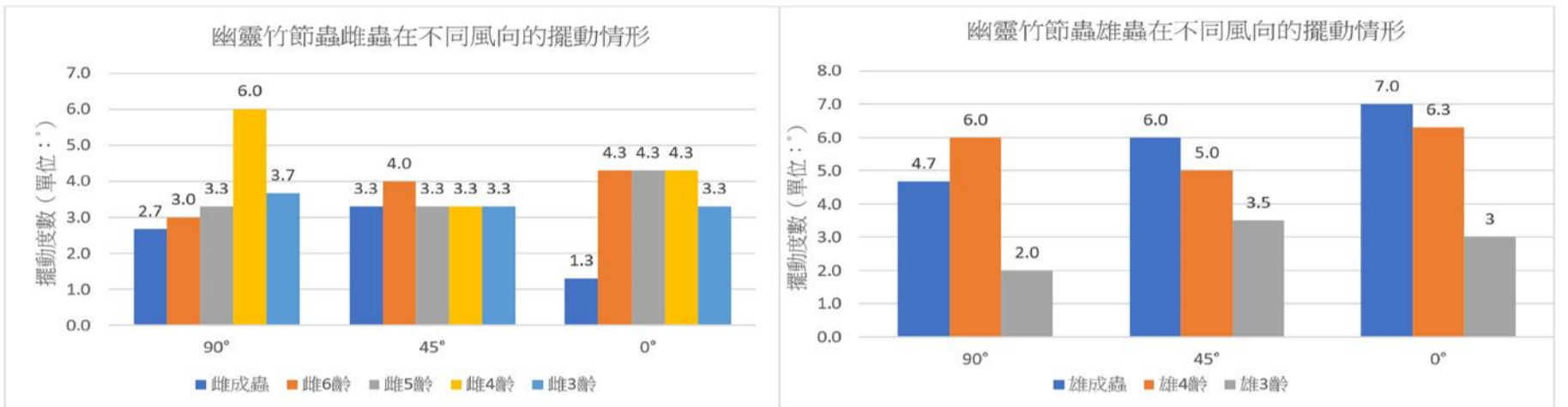


3. 幽靈竹節蟲隨風搖擺實驗結果

(1) 幽靈竹節蟲受到不同風力的搖擺情形：A. 風力愈強，搖擺幅度愈大。B. 只有被風吹到時才會擺動。C. 以腳為支點，被風吹動身體，隨風擺動。

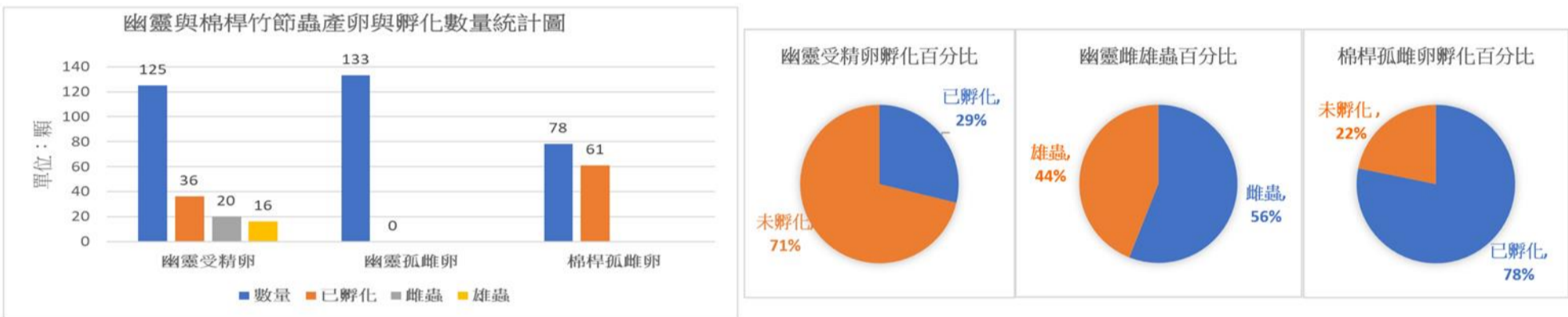


(2) 幽靈竹節蟲受到不同風向的搖擺實驗結果：A. 受到0°側風吹拂時，因蟲體受風面積大，搖擺幅度也大。

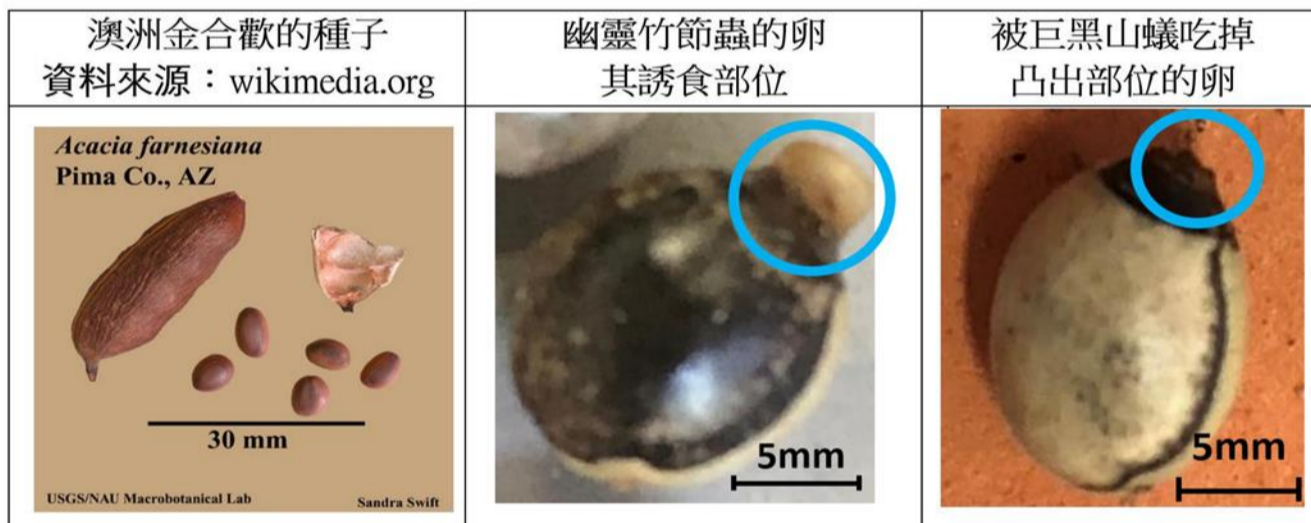


(二) 幽靈竹節蟲的生存策略

1. 幽靈竹節蟲的生殖實驗結果：(1) 幽靈竹節蟲的受精卵為125顆。(2) 受精卵目前孵化數量是36隻，雌雄比例約為5：4。



2. 蟲卵偽裝成種子誘食螞蟻帶回巢以利孵化實驗結果：巨黑山蟻會將蟲卵凸出誘食的部位吃掉。



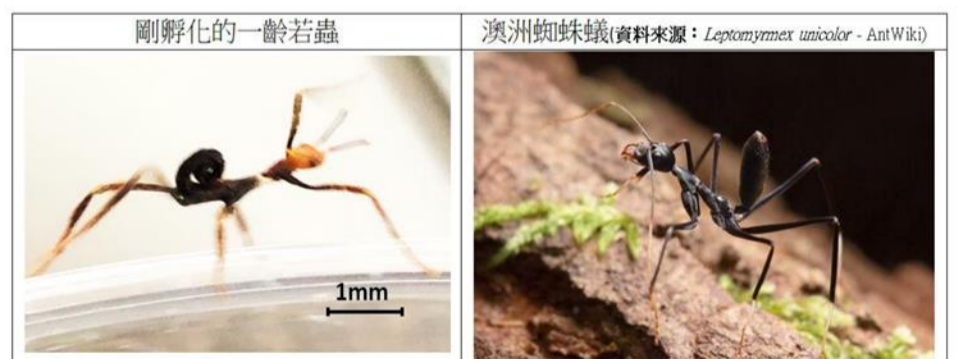
3. 幽靈竹節蟲防衛能力

(1) 偽裝能力實驗結果：雌蟲從六齡蟲開始會偽裝成帶刺枝葉躲在枝葉中。



(2) 幽靈竹節蟲的擬態能力實驗結果

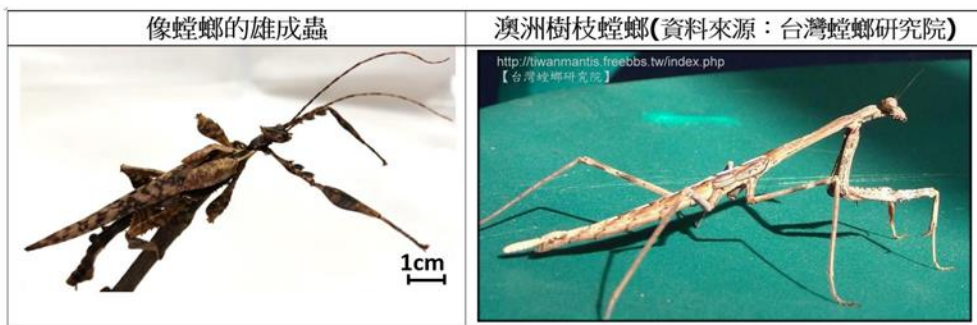
A. 剛孵化的若蟲更會擬態成寄養它們的螞蟻，快速逃出蟻穴。



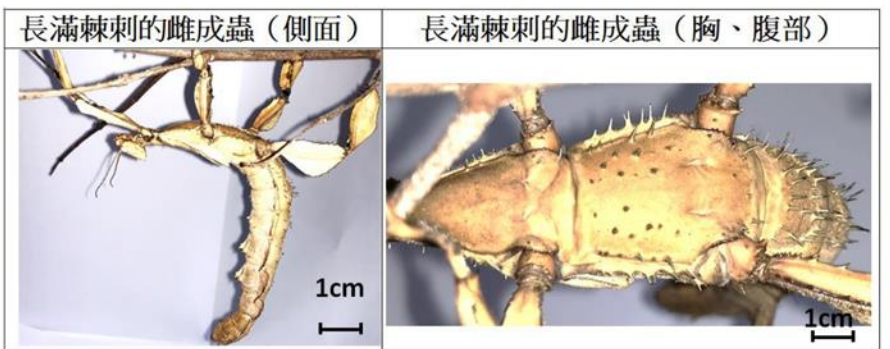
B. 一齡若蟲孵化後，紅色的頭部會慢慢轉變成黑色，擬態成蠍子。



C. 擬態成螳螂：雄成蟲會擬態成澳洲樹枝螳螂。

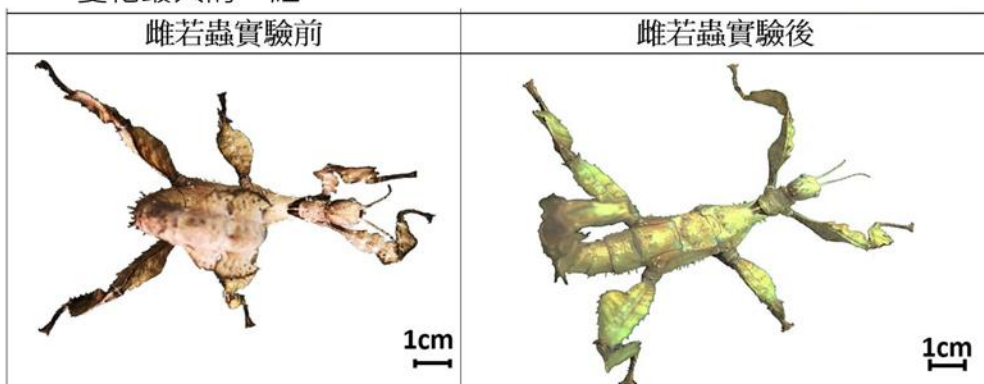


D. 雌成蟲偽裝成有刺的植物枝葉。



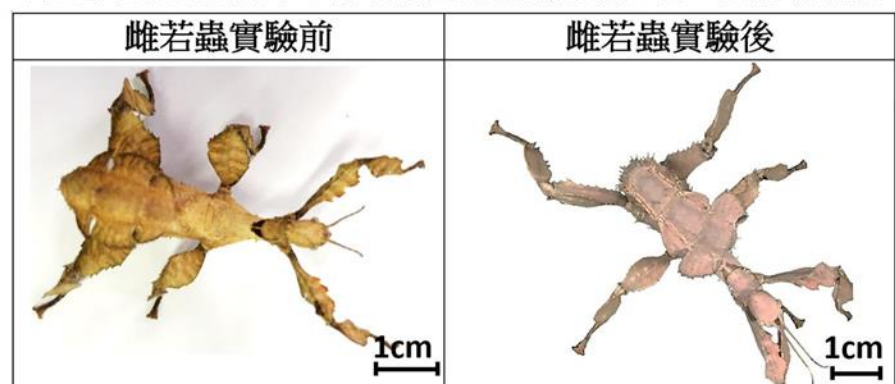
4. 幽靈竹節蟲的變色能力驗結果

(1) 環境顏色影響體色實驗：在青苔環境中體色變綠色，是受到環境變化最大的一組。

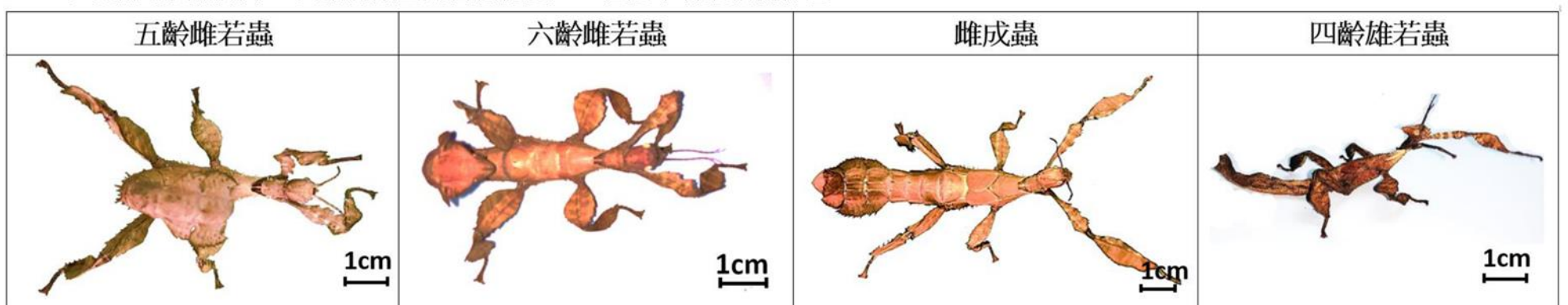


(2) 幽靈竹節蟲視覺辨別環境顏色實驗：

A. 紅色罐子飼養結果：雌若蟲全身變成淺粉紅色，變化最明顯。



B. 紅光照射實驗結果：四齡開始全身會慢慢變紅，但是雄若蟲較偏棕色。



(三) 探討幽靈竹節蟲的防制策略

1. 幽靈竹節蟲的環境適應與生存策略SWOT分析：

<p>優勢 (Strengths)</p> <ul style="list-style-type: none"> 繁殖策略：有性繁殖為主、孤殖生殖為輔，既能保有基因多樣性又能保證後代繁衍。 生命週期已配合臺灣季節。 食草多樣化，可食用多種果樹與本土樹種。 融入環境的變色能力、偽裝與擬態的能力強，避敵力強。 	<p>弱點 (Weaknesses)</p> <ul style="list-style-type: none"> 體型大、食量大，需要取食大量食草。 雌成蟲無法飛行。 移動速度較慢。 孤雌生殖，蟲卵孵化時間是有性生殖的兩倍，無法配合臺灣的季節。
<p>機會 (Opportunities)</p> <ul style="list-style-type: none"> 台灣氣候環境與澳洲原產地相似。 台灣環境的食草種類多。 在台灣已被廣為飼養。 台灣對於外來種管制寬鬆。 	<p>威脅 (Threats)</p> <ul style="list-style-type: none"> 竹節蟲的天敵相當多，如鳥類、鼠類、爬蟲類、蜘蛛和其他捕食性的昆蟲皆可能為竹節蟲的天敵。 食量大，果樹、本土原生種等植物會被吃掉。

2. 幽靈竹節蟲的防治SWOT 分析

<p>優勢 (Strengths)</p> <ul style="list-style-type: none"> 雌成蟲體型大、移動速度較慢、且無法飛行，易於捕捉。 建議網箱飼養，以免逃逸至野外。 採用孤雌生殖，子代體質較弱，且無法配合臺灣季節。 	<p>弱點 (Weaknesses)</p> <ul style="list-style-type: none"> 可孤殖生殖，只要一隻逃逸至野外，就可以繁殖下一代。 食草多樣化，可食用多種果樹與本土樹種，防制較難。 偽裝與擬態的能力強，融入環境的變色能力又強，較不易被天敵發現。
<p>機會 (Opportunities)</p> <ul style="list-style-type: none"> 在地的鳥類如喜鵲、臺灣藍鵲和大捲尾等都有捕食昆蟲的食性，又如赤腹松鼠也會捕食樹上的昆蟲，都可能成為幽靈竹節蟲的天敵。 一般果樹若有噴灑農藥，吃了可能會死亡。 	<p>威脅 (Threats)</p> <ul style="list-style-type: none"> 台灣氣候環境與澳洲原產地相似，若逃逸至野外存活率高。 台灣環境的食草種類多，若逃逸至野外食草充足。 在台灣已被廣為飼養，有很大的機會逃逸至野外，飼養人當謹慎為之。

3. 防制方法：若萬一逃逸至野外，可先找到芭樂、蓮霧等食草，再利用竹節蟲裝死的特性，用力搖晃樹幹使其掉落，予以捕捉。

肆、結論

一、在幽靈竹節蟲的環境適應性方面：

- 幽靈竹節蟲的原生環境氣候與臺灣的氣候同屬於副熱帶溼潤氣候，且幽靈竹節蟲有性繁殖的生命週期已經調整成與臺灣的季節同步，完全適應臺灣。
- 在食草方面，除了芭樂葉、蓮霧葉和玫瑰葉外，還有臺灣欒樹、櫻花葉、龍眼葉和饅頭果葉等都是幽靈竹節蟲的食草，食量大約為棉桿竹節蟲的5倍。不論是果樹、本土植物都會造成很大的危害。
- 幽靈竹節蟲在受風時，會以3~4隻腳為支點，採取隨風搖擺的方式，能融入所處的枝葉背景環境中，不被天敵發現，也能更省力。

二、幽靈竹節蟲的生存策略

- 幽靈竹節蟲在繁殖策略方面，異於一般竹節蟲，主要是採取有性繁殖，使基因多樣化，也能因應進行孤雌生殖，以延續後代。
- 幽靈竹節蟲為了要使卵能夠在適當的溫度下孵化，將卵偽裝成金合歡的種子，引誘蜘蛛蟻帶回巢穴內孵化。可怕的是對於臺灣的巨黑山蟻也具有誘食作用。
- 幽靈竹節蟲在防衛能力方面，除了體色會隨環境變色外，更會擬態成蠍子及螳螂以避開天敵，防衛能力遠優於一般臺灣原生的竹節蟲。

三、幽靈竹節蟲的防制策略

- 經SWOT分析後，幽靈竹節蟲若逃逸至野外，可先找到食草，再利用竹節蟲裝死的特性，用力搖晃樹幹使其掉落，予以捕捉。

伍、參考資料文獻

簡士傑 (2009年12月30日)。關於外來種竹節蟲的一場網路論戰。環境資訊中心。 <https://e-info.org.tw/node/51424>

幽靈竹節蟲大揭秘—一生都在模仿變身的高手。PSG-9 幽靈竹節蟲。竹節坊。 <https://www.hop888.com/PSG-9.html>

Elizabeth G. P., Mia K. L., & Tiernan, A. (2023) Color under pressure: how multiple factors shape defensive coloration. Behavioral Ecology, 34(1), 1 – 13. <https://doi.org/10.1093/beheco/ara056>

Koppen World Map Hi-Res.png; Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2011, April 4) Humid subtropical climates. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14786119>

Xue B., Mark A. E., & Richard A. P. (2016) The swaying behavior of *Extatosoma tiaratum*: motion camouflage in a stick insect? Behavioral Ecology, 27(1), 83 – 92.