

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

最佳(鄉土)教材獎

081554

椰子樹下的小霸王

學校名稱：臺中縣清水鎮清水國民小學

作者： 小六 周俊皓	指導老師： 蔡宗哲、蔡宜修
---------------	------------------

關鍵詞：犀角金龜、負趨光

## 壹、摘要

此研究除了了解犀角金龜的基本習性，特別針對犀角金龜的啃食特色(如何啃掉高度超過 10 公尺的椰子樹)、趨光性、及負趨光性作更整全的介紹。

犀角金龜 *Oryctes rhinoceros*，分類上屬於金龜子科中的**兜蟲亞科**，體長約 **3.5~4.3** 公分，體表顏色為**黑褐色**。成蟲主要出現於夏秋兩季，分布於中南部低海拔山區，尤其以椰子主產地為最多，因為犀角金龜咬食力強盛，被視為椰子剋星，其對於椰子樹梗、菌包土等具腐質性的腐質物更是異常喜愛，其目的是藉由碎屑的保溫、保濕功能營造合適的生存環境。

研究上以幼蟲為主軸，犀角金龜幼蟲不同於花金龜亞科以背部做爬行，而是**蜷曲狀**做蠕動運動，幼蟲主寄居在椰子朽木中，其椰子根部處常可發現龐大犀角金龜聚集。犀角金龜喜歡在熱的環境中生存，尤其溫度在 **26°C – 30°C** 之間，喜歡濕潤的環境，**充足水分**但不能積水。不論幼蟲或成蟲，皆不喜歡光線明亮的地方，有**負趨光性**(這份報告和一般書籍所提到成蟲具趨光性有一些出入)。犀角金龜喜歡具有甜味的東西，**不喜歡苦味的咖啡和精油**，所以可以用這些溶液來驅趕。

## 貳、研究動機

去年暑假，我到小阿姨家玩了幾天，她住在南部靠山區的一處田園旁，家裡附近種了好多椰子樹。

有一天，姨丈手上抓了五隻「黑金剛」，並對著我說：「來看看這幾隻天底下最狠心的生物！」我瞪大眼睛看著這幾隻烏漆嗎黑的東西，姨丈這才繼續說：「這幾隻蟲子喀倒了我兩顆椰子樹，唉！真是讓我心疼。我知道你喜歡昆蟲，帶回家養吧，順便看看有什麼簡單的方法，可以把牠『驅逐出境』！」

暑假過後，我帶了這幾隻「鐵甲武士」到學校，牠們立即成為班上的閃亮之星，看著同學絡繹不絕的圍繞著牠們，小心翼翼的捧在手上，並且要求為牠們取名字、娶老婆、寫奮鬥史...，一股想要研究牠、觀察牠的渴望，襲捲著全班！

趁著導師時間討論完後，我決定好好的和牠共同生活，並為牠的生活寫真作紀錄。

## 參、研究目的

- (一) 觀察犀角金龜的生活習性
- (二) 了解溫度不同，對幼蟲集散的影響
- (三) 了解溼度不同，對幼蟲集散的影響
- (四) 了解土壤有無，對犀角金龜的影響
- (五) 了解光線有無，對犀角金龜的影響。
- (六) 了解不同顏色的光，對成蟲的影響。
- (七) 了解土質不同，對幼蟲集散的影響。
- (八) 了解食材不同，對幼蟲集散的影響
- (九) 了解可以用來驅趕幼蟲的物質
- (十) 了解不同聲音，對犀角金龜的影響

## 肆、研究器材

- 一、犀角金龜：幼蟲、成蟲
- 二、觀察箱、養殖箱、量筒、天平、硬塑膠板
- 三、燈泡、放大鏡、溫度計、溼度計、分貝計、數位相機
- 四、大王椰子木、太空包木屑、椰子原木、榕木、樟木、櫟木
- 五、柚子汁、甘蔗汁、香精油、咖啡、橘子汁

## 伍、研究步驟

### (一) 蒐集資料

1. 藉由昆蟲網站，對於所欲觀察的犀角金龜有初步的認識。
2. 藉由地利之便到附近種有椰子樹的山區(鰲峰山)捕抓犀角金龜，再利用假日到南部收集犀角金龜、當地椰子木塊、及腐質土，作為養殖犀角金龜之用。
3. 詢問當地昆蟲店老闆有關養殖犀角金龜的注意事項及禁忌。

### (二) 提出問題

1. 針對不同的溫度、溼度、土質成分等因素來對犀角金龜的生態適應提出疑問，並從日常觀察中探討其犀角金龜特性和民間書籍的介紹是否有不同之處。
2. 針對各種條件因素，備好器材及材料以方便實驗。

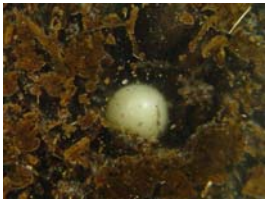
## 探討(一)：觀察犀角金龜






### ◎ 實驗一：觀察犀角金龜的生理結構

#### (一) 實驗方法

利用放大鏡觀察出犀角金龜的卵、幼蟲、蛹、成蟲的生理結構及特徵。

#### (二) 實驗結果




生長期	外觀---觀察描述	圖
卵	<ol style="list-style-type: none"><li>1.剛產下的乳白色的卵，呈長橢圓狀，約0.5公分，有點像一顆白色香香豆，有彈性。</li><li>2.產下卵後到第3天，呈正圓形狀，顏色也偏黃，接著第3~5天就可看到幼蟲在裡頭成型，到了第7~8天卵就孵化成一齡蟲。</li></ol>	 <p>(圖一) 產下卵後到第3天，呈正圓形狀</p>

<p>幼蟲</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.剛出生的幼蟲全身是白的，過 2 小時左右才開始從頭部先變成褐色。</li> <li>2.眼睛很小，有一對咀嚼用的鉗子，身上有些細毛。</li> <li>3.和鍬形蟲不同之處在於肛門的形狀，鍬形蟲的肛門是兩片橢圓狀合而為，犀角金龜幼蟲的肛門則是在尾部末端有一片長條橢圓所形成。</li> <li>4.犀角金龜幼蟲的每對鉗子左右對稱，但每一隻幼蟲鉗子的齒型不一樣。</li> <li>5.受到驚嚇會先蜷曲再大便。</li> <li>6.幼蟲的觸角有 8 節。</li> <li>7.到了三齡蟲末期會挖蛹室，以供自身化蛹的空間及保護安全。</li> </ol>	 <p>(圖二) 因受到驚嚇，在拇指上方排洩出深咖啡色的糞便！</p>
<p>蛹</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.呈暗橘色，很像化石般幾乎不做運動，有一對未成形的翅膀。</li> <li>2.其腹部下側有 9 個氣孔。</li> </ol>	 <p>(圖三)人工蛹室</p>  <p>(圖四)自製蛹室。</p>
<p>成蟲</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.體長約 3.5~4.3 公分，體表顏色為黑褐色。</li> <li>2.頭部前方有一向上突起的犄角，沒有分岔犄角，長度隨體型越大而增長，雌蟲的犄角遠較雄蟲為短。</li> <li>3.頭部只有一支的犄角，所以無法夾起龐大的生物，故犀角金龜成蟲不會有打鬥的動作。</li> <li>4.前胸背板前半部中央，有一塊略成圓形的大凹陷區域，凹陷區的內外部四周有不規則形的粗糙刻紋，而無刻紋的前胸背板平滑光亮，和犄角相似處在於雌蟲凹陷區的範圍也是明顯小於雄蟲。</li> <li>5.腹部被鞘翅蓋住，腹側外部有 18 個氣孔。</li> </ol>	 <p>(圖五) 犀角金龜--雄性</p>  <p>(圖六) 犀角金龜--雌性</p>

◎ 實驗二：觀察犀角金龜的活動方式

(一) 實驗方法：觀察犀角金龜的卵、幼蟲、蛹、成蟲的活動方式並紀錄。

(二) 實驗結果

生長	活動----觀察描述	圖
卵	把小透明箱的空間分成A、B兩個區（1／4的A 4 紙張大小），並鋪滿土壤且厚度為5公分，但A區的土壤較硬不易挖掘，而B區較軟易挖。然後放置4隻犀角金龜成蟲（兩隻公、兩隻母），觀察交配後卵的放置情形。結果發現產下的卵都被放置到B區的土內故可知道犀角金龜是很懂得保護牠的卵的生物。	 <p>(圖七) 交配後卵放置較軟易挖的土壤中</p>
幼蟲	會不停的吃及蠕動，直到快化蛹時，才會利用身體的腹部做爬行	 <p>(圖八)被啃食的椰子木</p>
蛹	一直扭來扭去，有蛹室的保護，利用腹部來扭動	 <p>(圖九)漢堡形狀的蛹室</p>
成蟲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.白天躲在土中，直到天黑才出來覓食。</li> <li>2.利用6隻腳和腹部來活動。</li> <li>3.在一開始的實驗發現，雄蟲會一邊拍翅膀一邊轉圈以吸引雌蟲的注意，雄蟲只會在交配或死亡時才會把生殖器伸出來，雄蟲在完成交配後會精疲力竭的死去。</li> </ol>	 <p>(圖十)四個槽深淺不一，而棲於內的成蟲大都不鑽出土壤上面</p>

◎ 實驗三：觀察犀角金龜幼蟲蛻皮狀況



(一) 實驗方法

1. 幼蟲在蛻皮之前體色會呈黃色，我們便利用這個方法觀察每隻幼蟲蛻皮的情形，並做紀錄。
2. 注意的是牠們不只在蛻皮前體色會變成黃色，在快要死的時候體色也會變成黃色。

(二) 實驗結果

生長期	蛻變----觀察描述
幼蟲	1.一齡蟲剛開始蛻皮前是 8 公克體重 2.而到了二齡蟲蛻皮前大約是 18 公克 3.三齡蟲至後來的終齡蟲，其重量是由以往所吃的養分，如土壤腐植質、椰子木塊等來做決定。

		
(圖十一) 一齡蟲和一元錢幣的大小比例	(圖十二) 二齡蟲和一元錢幣的大小比例	(圖十三) 三齡蟲和一元錢幣的大小比例

	
(圖十四)二齡蟲的體重秘密	(圖十五)二齡蟲蛻皮後虛脫的樣子

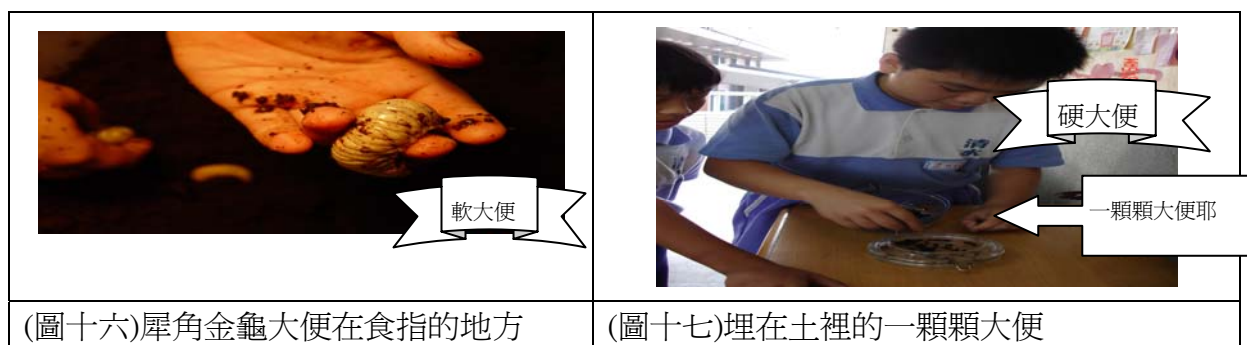
◎ 實驗四：觀察犀角金龜幼蟲排遺情形

(一) 實驗方法

我們拿一隻二齡蟲放在乾淨的土裡，一個禮拜後再把蟲移到另一個盒子內，把土倒出來挑出蟲的糞便，並算出大便的平均數。

## (二) 實驗結果

生長期	排遺----觀察描述
幼蟲	1.幼蟲一星期的大便數量約是 176 顆，所以每天大約排洩了 25 顆大便粒，一天大約吃了 71 克的土。 2.之所以幼蟲的吃食量如此龐大，是爲了多吸收儲存養分，所以成蟲不吃食養分也能活 70 天以上。



(圖十六)犀角金龜大便在食指的地方

(圖十七)埋在土裡的一顆顆大便

### ◎ 實驗五：觀察犀角金龜的繁衍

#### (一) 實驗方法

取 40 隻幼蟲，在控制溫度 26-30 度、鋪底土質爲太空包土、椰子木爲食物，紀錄二齡蟲、三齡蟲、到化蛹、羽化的平均時間。

#### (二) 實驗結果

生長期 天數	卵		一齡蟲		二齡蟲		三齡蟲		蛹		成蟲 未交配		交配後 死亡 四隻成蟲	
	所需 天數	數量	所需 天數	數量	所需 天數	數量	所需 天數	數量	所需 天數	數量	所需 天數	數量	所需 天數	數量
	6	6	3	5	5	3	75	3	38	1	70	0	1	0
	7	14	4	16	6	16	80	13	40	4	75	5	2	0
	8	17	5	16	7	14	85	12	42	16	80	12	3	3
	9	2			8	2	90	6	44	14	85	14	4	1
	10	1			9	2	95	3	46	2	90	6	5	0
平均 天數	7.45		4.3		6.6		84.1		42.6		82.6		3.3	
未交配總壽命：227.6 天 交配後總壽命：148.3 天														

### (三) 結果發現

每隻犀角金龜的產卵數約為 7 – 10 個，受精卵約在 7.45 天孵化完成，4.3 天進入二齡蟲。接下來於此次實驗中發現二齡蟲經過 6.6 天進入三齡蟲，三齡蟲再經過 84.1 天化蛹，蛹再經 42.6 天羽化成成蟲，羽化後做繁殖的動作，其交配完後的 3.3 天內即會萎靡死亡，雄蟲會比雌蟲先死。未交配的成蟲於 82.6 天後死亡。

### (四) 討論

整理並統計此次養殖實驗後發現犀角金龜一年能有一次的繁殖，此處和坊間書籍所稱一年能兩次繁殖有差異。主因在於成蟲實驗的部份：

1. 由於在一開始觀察卵的放置情形時，我們就發現到當成蟲(阿姨給的 4 隻，另外 1 隻不在此實驗中)交配後，約 3~4 天後死亡且雄蟲先死，經對照相關書籍後，驗證了我們觀察的正確性(書籍上平均交配後死亡時間為 4 天)。所以接下來的實驗不必再觀察此部份。
2. 在成蟲觀察部分，為了解成蟲是否真如書籍上所言不必養分也能生存，我們採取異性隔離的方式來放置，也就是說公的成蟲放一堆，而母的成蟲放另一堆，以便能得證犀角金龜壽命的精確性。
3. 所以我們可以說，在不具交配情形的狀態下，任一隻成蟲的壽命能維持約 7~8 個月。

## 探討 (二)：環境不同，對犀角金龜的影響

### ◎ 實驗六：溫度不同，對犀角金龜的影響

#### (一) 實驗方法

1. 分 4 個槽，每個槽的溫差為 4 度，為避免溫度只停留在表面，故土壤的厚度 4 cm，並在燈泡照射時不間斷的翻土，等到四個槽的溫度全面控制後才放入犀角金龜作觀察。
2. 將 40 隻幼蟲平均分布在由塑膠板所隔成的四個槽內做觀察，每個槽均有一個夾式燈炮座，而其槽的底部均留有三公分的空隙，供幼蟲選擇最佳棲息場所。
1. 觀察次數分為兩次，每次的觀察總時間為一天 24 小時，每 4 小時紀錄一次。



(圖十八) 溫度不同，對犀角金龜的影響。



## (二) 實驗結果

### 第一次實驗

溫度 時間	30-26°C (100 瓦)	26-22°C (60 瓦)	22-18°C (20 瓦)	18°C 以下 (常溫)
0-4 小時	11	14	12	3
4-8 小時	19	14	6	1
8-12 小時	22	15	3	0
12-16 小時	23	16	1	0
16-20 小時	25	15	0	0
20-24 小時	26	14	0	0
平均	21	14.67	3.67	0.67

### 第二次實驗

溫度 時間	30°C 以上 (140 瓦)	30-26°C (100 瓦)	26-22°C (60 瓦)	22-18°C (20 瓦)
0-4 小時	9	14	9	8
4-8 小時	7	15	11	5
8-12 小時	7	21	9	1
12-16 小時	8	21	11	0
16-20 小時	7	25	8	0
20-24 小時	7	25	8	0
平均	7.5	20.17	9.33	2.33

溫度	30°C 以上	30-26°C	26-22°C	22-18°C	18°C 以下
平均 個數	7.5	20.59	12	3	0.67

## (三) 結果發現

1. 26°C ~ 30°C 的環境幼蟲數量最多，22°C ~ 26°C 度其次，18°C 以下的環境幼蟲數量最少。
2. 犀角金龜幼蟲喜歡較熱的環境，不喜歡寒冷環境。

## (四) 討論

1. 查看文獻紀錄發現，犀角金龜幼蟲的生長環境普遍訂在 20 ~ 24 度以上（冬天、向陽處；夏天、背陽處），而經本實驗發現幼蟲在 20 度以上確能生活，**26 ~ 30 度的環境更讓幼蟲趨之若鶩**，22 ~ 26 度居次，但溫度超過 30 度的情況下反而會使其生活的意願大大降低。
2. 這驗證出文獻提及椰子皮等水份保存量較多的植物因易散熱，有利於犀角金龜的存活與棲息。

◎ 實驗七：溼度不同，對犀角金龜的影響

(一) 實驗方法

1. 利用噴霧器在四個水缸槽中分別均勻噴灑所需的水分

槽	A槽	B槽	C槽	D槽
每小時加水量cc	不加水	30	60	100

2. 再把高度共10公分的四個槽分成5層，分別是：

層	第一層	第二層	第三層	第四層	第五層
高度cm	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10

3. 最後把犀角金龜幼蟲平分放入各槽的四區塊中，紀錄對於溼度不同的喜好程度。



(圖十九) D槽中分四區塊，每區塊每小時加100CC的水

(二) 實驗結果

A槽 (不加水)

時間 位置	0-1 小時	1-2 小時	2-3 小時	3-4 小時	4-5 小時
0-2公分	20	20	16	15	16
2-4公分	0	0	4	5	4
4-6公分	0	0	0	0	0
6-8公分	0	0	0	0	0
8-10公分	0	0	0	0	0

B槽 (每小時加30CC的水)

時間 位置	0-1 小時	1-2 小時	2-3 小時	3-4 小時	4-5 小時
0-2公分	18	14	11	10	6
2-4公分	2	5	8	8	10
4-6公分	0	1	1	2	4
6-8公分	0	0	0	0	0
8-10公分	0	0	0	0	0

C槽（每小時加60CC的水）

時間 位置	0-1 小時	1-2 小時	2-3 小時	3-4 小時	4-5 小時
0-2公分	17	11	6	1	1
2-4公分	3	9	12	15	8
4-6公分	0	0	2	4	11
6-8公分	0	0	0	0	0
8-10公分	0	0	0	0	0

D槽（每小時加100CC的水）

時間 位置	0-1 小時	1-2 小時	2-3 小時	3-4 小時	4-5 小時
0-2公分	18	2	1	0	1
2-4公分	2	16	13	5	1
4-6公分	0	2	5	12	15
6-8公分	0	0	1	3	3
8-10公分	0	0	0	0	0

### （三）結果發現

1. 經實驗發現A槽不加水，幼蟲只在0-4公分底層位置活動，尤其多數在0-2公分的底層棲息；D槽的幼蟲活動範圍最廣，其分布的地方有四層（除了8-10公分這層沒有），活動最多的也是在2-8公分層部分。0-2公分的幼蟲會從底層逐漸往上移動原因，是因為底層過於潮濕。
2. 對於四個槽的8-10公分這層均沒有犀角金龜幼蟲活動，經推測是因為幼蟲怕光，一遇到光會先不自覺蠕動彎曲，再僵化或僵硬，最後完全不動死掉。此論證依據在下個實驗有較清楚的介紹。

## ◎ 實驗八：土壤有無，對犀角金龜的影響

### （一）實驗方法

1. 透明實驗箱中分A、B、C三區，A區塊裝有厚度為5公分的土壤，B區塊則是不放任何東西，兩區交界的是C區。
2. 將犀角金龜放置於A區、B區，和兩區交界的C區，每1小時觀察一次、共觀察六次，觀察各區塊犀角金龜的活動隻數，以了解土壤有無對犀角金龜是否有影響。

### （二）實驗結果

幼蟲：30 隻

區域 次數	A 區塊			B 區塊	C 區塊	
	鋪上土壤			不鋪土壤	介於有土壤和沒土壤之間	
	土中	頭部在土裡	身體在土裡		頭部在土裡	身體在土裡
1	17	2	1	4	5	1
2	23	3	0	1	3	0
3	29	1	0	0	0	0
4	30	0	0	0	0	0
5	30	0	0	0	0	0
6	29	1	0	0	0	0
平均隻數	27.7			0.8	1.5	

成蟲：24 隻

區域 次數	A 區塊			B 區塊	C 區塊	
	鋪上土壤			不鋪土壤	介於有土壤和沒土壤之間	
	土中	頭部在土裡	身體在土裡		頭部在土裡	身體在土裡
1	15	2	0	2	4	1
2	19	1	1	1	2	0
3	18	3	1	1	1	0
4	23	1	0	0	0	0
5	24	0	0	0	0	0
6	22	1	0	0	1	0
平均隻數	21.8			0.7	1.5	

### (三) 結果發現

1. 不論是幼蟲或成蟲，都喜歡聚集在鋪上土壤的 A 區，大多數都把身體藏於土中。
2. B 區不鋪任何東西，剛開始還有幾隻幼蟲和成蟲散佈，但最後觀察時牠們都離開了。
3. C 區塊介於有土壤和沒土壤之間，發現幼蟲和成蟲的蹤跡，不過牠們很像駝鳥，大多數都把頭隱藏土中，而身體還露在外面。
4. 鋪有土壤的 A 區塊，幼蟲和成蟲的聚集數量明顯高於 C 區塊和 B 區，使我們了解到牠們還是較喜歡生存在有土壤的環境中。

### (四) 討論

由以上實驗觀察出犀角金龜喜歡生存在有土壤的環境中，但是發現到一個有趣的現象，為何牠們多數是把頭藏於土中，而不是身體藏於土中，頭部顯露出土呢？是因為光的原因嗎？於是著手進行下列實驗。

◎ 實驗九：光度不同，對犀角金龜的影響

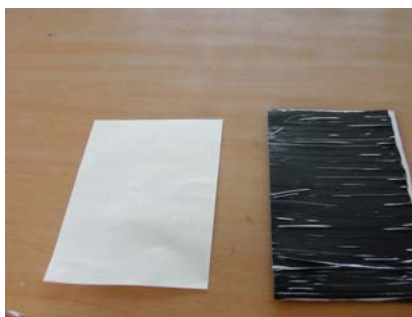
(一) 實驗方法

幼蟲觀察：

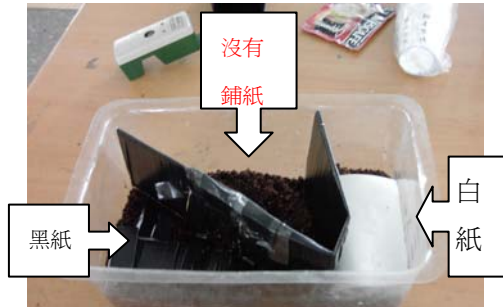
1. 實驗箱中區分為 A 區 B 區 C 區三個區塊，每個區塊的長 25 公分，寬 20 公分。
2. 為讓土壤的透光性能較明顯顯現出來，土壤厚度足夠讓幼蟲活動為原則，厚度約為 2 公分，並把土質弄鬆使光線易透進去。
3. 分別在三個區塊的中間放置一個夾式燈炮座，使之能均勻照到每個區塊，但要注意光線距離箱子的距離，以防止溫度的影響。
4. 在 A 區鋪上一片雙面黑色的紙板；在 B 區中放置一個半透明的白色書面紙；C 區則不鋪上任何東西。
5. 每個區域放置 6 隻幼蟲，每 20 分鐘後，再查看哪一個區塊的土壤內有較多的幼蟲，觀察三次並紀錄。

成蟲觀察：

1. 此實驗採直接觀察法，分為白天和夜晚觀察。
2. 準備兩個透明實驗箱，一個四周用黑色不透光紙貼住，另一個不貼，放置在室內，並且打開日光燈，讓光線充足照射兩個實驗箱。
3. 每個實驗箱放置 12 隻成蟲，每一小時觀察一次，觀察實驗箱中成蟲活動狀態，觀察二次並紀錄。



(圖二十)一張半透明白紙及不透明黑紙



(圖二十一)左下鋪黑紙、中間沒鋪、右邊鋪白紙

(二) 實驗結果

幼蟲：18 隻

區域 時間：分	A 區塊鋪 黑色紙板			B 區塊鋪 半透明白紙			C 區塊 沒有鋪紙		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
20	16	15	16	2	3	2	0	0	0
40	16	17	17	2	1	1	0	0	0
60	17	17	17	1	1	1	0	0	0
80	17	17	18	1	1	0	0	0	0
100	18	18	18	0	0	0	0	0	0

平均數量	16.8	16.8	17.2	1.2	1.2	0.8	0	0	0
總平均	16.9			1.1			0		

成蟲：24 隻

光照 情形 時間：時	白天								夜晚							
	有光照				無光照				有光照				無光照			
	土面		土中		土面		土中		土面		土中		土面		土中	
	1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次
1	0	0	12	12	3	3	9	9	0	0	12	12	3	4	9	8
2	0	0	12	12	2	4	10	8	0	0	12	12	4	5	8	7
3	0	0	12	12	3	3	9	9	0	0	12	12	4	4	8	8
4	0	0	12	12	4	3	8	9	0	0	12	12	3	3	9	9
5	0	0	12	12	3	2	9	10	0	0	12	12	3	3	9	9
6	0	0	12	12	3	2	9	10	0	0	12	12	2	3	10	9
平均數量	0	0	12	12	3	2.8	9	9.2	0	0	12	12	3.2	3.7	8.8	8.3
總平均	0		12		2.9		9.1		0		12		3.5		8.5	

### (三) 結果發現

幼蟲：

從幼蟲的實驗中發現，鋪有黑色紙板的 A 區出現幼蟲數量最多，而沒鋪任何東西的 C 區，完全沒有幼蟲分布在土壤內。由此可知，幼蟲怕光，無趨光性。

成蟲：

1. 白天有光線照射透明箱的實驗箱中，成蟲完全沒有爬出土壤表面，只是微微蠕動並躲在土壤內；而另一組用黑色不透光紙貼住的實驗箱，有少數鑽出土壤表面。
2. 晚上有光線照射的實驗箱中，成蟲完全沒有爬出土壤表面，如同死絕般躲在土壤內，並且一動也不動，絲毫沒有活動力的展現；另一組用黑色不透光紙貼住的實驗箱中，分布在土壤內的成蟲所展現出來的活動力十足，有少數鑽出地面。

### (四) 討論

1. 從實驗中發現，實際上不論**幼蟲**或是**成蟲都有負趨光性**。那為什麼一般書上提到成蟲具有趨光性呢？其書上理由有二：
  - (1) 夜燈下有犀角金龜成蟲聚集，
  - (2) 其趨光性是爲了交配。

而由此便認爲成蟲有趨光性，可能還可再行考慮。
2. 而我們推翻上述理論的理由有四：
  - (1) 雖然夜燈下確有成蟲的蹤跡，但其他陰暗處卻有更多的犀角金龜成蟲聚集，只是我們不易發覺。
  - (2) 成蟲移動性很大，即活動力十足，易各處奔散。
  - (3) 成蟲原本聚集處的養分不足以供應大量的成蟲，而使得成蟲遷徙各處，以至於在明亮處被發現行蹤。

- (4) 依據平時觀察犀角金龜的交配狀態，可發現其在無光線的狀態下會鑽出地面做交配的行為。



(圖二十二)犀角金龜交配狀態

### ◎ 實驗十：色光不同，對犀角金龜(成蟲)的影響

#### (一) 實驗方法

1. 透明箱掛上不同顏色的燈泡，分別為紅色、黃色、藍色的 10 瓦小燈泡，切勿距離土壤太近，以免燈泡溫度影響實驗結果。
2. 在四個透明箱內鋪上厚度為 5 公分的土壤，放置 6 隻成蟲，觀察成蟲遇到不同色光時牠是會鑽到土內逃避、還是會被色光所吸引。
3. 每小時觀測一次，並連續觀測六小時。觀察二次並紀錄。

#### (二) 實驗結果

色光 時間： 時	紅光				黃光				藍光				無光照			
	土面		土中		土面		土中		土面		土中		土面		土中	
	1 次	2 次	1 次	2 次	1 次	2 次	1 次	2 次	1 次	2 次	1 次	2 次	1 次	2 次	1 次	2 次
1	3	0	3	6	0	1	6	5	2	1	4	5	1	3	5	3
2	1	1	5	5	1	1	5	5	1	1	5	5	3	0	4	6
3	2	2	4	4	0	0	6	6	0	1	9	5	2	3	3	3
4	2	3	4	3	0	0	6	6	0	2	9	4	3	1	3	5
5	1	3	5	3	1	0	5	6	1	1	5	5	2	4	4	2
6	2	3	4	3	0	0	6	6	2	1	4	5	1	2	5	4
平均數量	1.8	2	4.2	4	0.3	0.3	5.7	5.7	1	1.2	5	4.8	2	2.2	4	3.8
總平均	1.9		4.1		0.3		5.7		1.1		4.9		2.1		3.9	

#### (三) 結果發現

1. 無光照的成蟲數，土中和土面的比約為 2 : 1；紅色的光照成蟲數，土中和土面的比約為 2 : 1；藍色的光照成蟲數，土中和土面的比約為 5 : 1；黃色的光照成蟲數，土中和土面的比約為 19 : 1。
2. 成蟲在照有藍光的環境比照有黃光的環境中更適合生活。所以我們約略可以為成蟲喜歡的環境排列順序。依次為黑暗 > 紅光 > 藍光 > 黃光。

#### (四) 討論

照紅光和沒有光照的實驗箱中，成蟲聚集方式是相似的，均為土中和土面的比約為 2：1，也就是說紅色光線的環境和黑暗的環境對成蟲的影響基本上是相同的，所以可以說在紅光環境下，成蟲在土壤上並不是因為受到紅光的吸引，而是牠對紅光沒有感覺。這也驗證出為何一般在夜間探試蟲類等生物時，大部分有經驗的人會要求攜帶能發出紅光的手電筒，原來啊！在昆蟲的世界中，**紅光對牠的影響最小**。

#### ◎ 實驗十一：土質不同，對犀角金龜的影響

##### (一) 實驗方法

針對土壤成分於四個槽中各裝滿不同性質物質與普通土壤所混合的而成的土壤，而底部留有空隙，以觀察幼蟲較喜歡的土質為何，並測量溫度，於 30 分鐘後觀察並紀錄。

編號 比例	1	2	3	4
2/3	太空菌胞土	糖	鹽	椰子殼木屑
1/3	普通土壤	普通土壤	普通土壤	普通土壤
溫度°C	26.2	25.3	25.1	25.6

##### (二) 實驗結果

區域 次數	太空菌胞土	糖	鹽	椰子殼木屑
	普通土壤	普通土壤	普通土壤	普通土壤
1	20	3	1	16
2	21	2	0	17
3	22	2	0	16
4	23	1	0	16
5	24	2	0	14
平均數量	22	2	0.2	15.8

##### (三) 結果發現

1. 經實驗後發現，幼蟲分佈情況為太空菌胞土 > 椰子殼木屑 > 糖 > 鹽。  
除了糖和鹽所混合而成的土壤較沒有幼蟲聚集活動外，其他二種土壤較多幼蟲聚集活動。
2. 據觀察後發現菌胞土之所以有最多幼蟲棲息，主要在於菌胞土中的**菌絲**。菌絲在生長時會產生一定的熱量，能調節土壤的溫度使得土壤的有利因子更多。
3. 含鹽成分的土壤數量最少，含糖的土壤則有 2 隻，也就是說幼蟲會喜歡在含糖成分的土壤勝過於在含鹽成分的土壤，那可以說幼蟲具有某方面的嗜甜性嗎？  
得由下面的實驗去加以證明了！



#### (四) 討論

當我們去棲地觀察為何椰子木屑也是幼蟲十分喜愛的物質之一時，發現**犀角金龜不會飛行更不會爬樹**，所以犀角金龜成蟲會聚集並把**卵產在根部極短的植物中**，根部短，則抓地力差，**經咬食後容易枯靡而使樹倒塌**，以便成蟲能啃食其果實，像檳榔樹椰子樹等均是根部極短的植物，當然也就成為成蟲的腹中美食囉。

### ◎ 實驗十二：食材不同，對犀角金龜的影響

#### (一) 實驗方法

分別把四個長 10 cm、寬 10 cm、高 10 cm，同等大小已烘乾的大王椰子木、榕樹木頭、樟木、櫟木放置在透明實驗箱中，每 3 分鐘觀察幼蟲啃食何種木塊的情形。

#### (二) 實驗結果

木材 次數	椰子木	榕樹木	樟木	櫟木
1	18	12	3	7
2	21	15	1	3
3	26	13	0	1
4	24	15	0	1
5	24	16	0	0
平均隻數	22.6	14.2	0.8	2.4

#### (三) 結果發現

- 1.剛開始椰子木和榕樹木上的幼蟲聚集量最多，樟木最少。
- 2.經過 5 次的實驗發現，幼蟲最喜歡椰子木、最討厭樟木。

#### (四) 討論

經相關植物書籍所述樟木開花時，會發出強烈的樟腦味。而植物本身木質厚且硬，不易被啃，而被啃食後其刺激的香氣也會令昆蟲等生物吃不消。

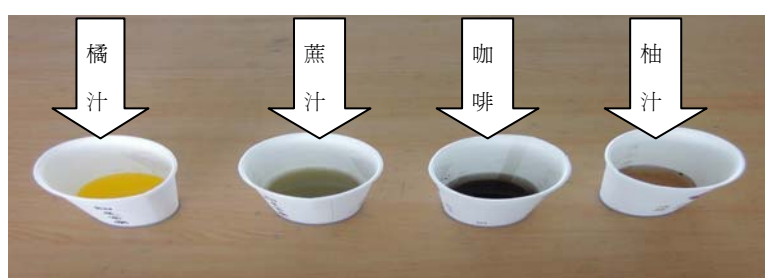
### ◎ 實驗十三：溶液不同，對犀角金龜的影響

#### (一) 實驗方法

分別把七個長 10 cm、寬 10 cm、高 10 cm，同等大小已烘乾的大王椰子木浸泡在七種性質不同的溶液中，每 5 分鐘觀察幼蟲吃食這七個木塊的情形。

## (二) 實驗結果

溶液 次數	甘蔗汁	柚子汁	甜咖啡	苦咖啡	橘子汁	精油	水
1	18	2	2	1	3	0	14
2	20	1	2	1	2	0	14
3	20	2	1	0	2	0	15
4	21	2	1	0	2	0	14
5	21	1	2	0	2	0	14
平均隻數	20	1.6	1.6	0.4	2.2	0	14.2



(圖二十三)由左至右分別是橘子汁、甘蔗汁、苦咖啡、柚子汁

## (三) 結果發現

- 1.泡有甘蔗汁的木塊其啃食狀況最好，泡有精油的木塊完全沒有被啃食，啃食狀況最差。
- 2.其餘含糖的咖啡、橘子汁、柚子汁也都有幼蟲棲息的影子存在。至於精油則完全不被幼蟲接受。

## (四) 討論

精油隱含太多的危險化學物，如**異丙醇**等易燃且有毒性的成分，幼蟲在接觸精油泡過的木塊時，反應很激烈，蠕動身體迅速的離開。

## ◎ 實驗十三：聲音不同，對犀角金龜的影響

### (一) 實驗方法

1. 利用不同分貝強度的聲音，來觀測犀角金龜是否有聽覺，以及牠對不同強度所做出來的反應。
2. 分別在早上十點、下午兩點、下午六點、晚上十點，進行各種分貝強度的測試，再觀測其反應。
3. 每次測試時間為一分鐘，距離為30公分，因為怕聲音所發散出來的震動會影響犀角金龜，故我們在此實驗的箱子上鋪上四層的透明玻璃紙，以防空氣的震動。

## (二) 實驗結果

幼蟲：

分貝 \ 時間	20	40	60-70	100
	一般的耳語大	一般談話	吵鬧聲	搖滾樂
上午十點	× × × × ×	× × × × ×	× × × × ×	× × × × ×
下午兩點	× × × × ×	× × × × ×	◎ × × × ×	× × × × ×
下午六點	× × × × ×	× × × × ×	× × × × ×	× × × × ×
晚上十點	× × × × ×	× × × × ×	× × × × ×	◎ × × × ×

× 代表不動    ◎代表輕微蠕動    ●代表劇烈鑽來鑽去

成蟲：

分貝 \ 時間	20	40	60-70	100
	一般的耳語大	一般談話	吵鬧聲	搖滾樂
上午十點	× × × × ×	× × × × ×	× × × × ×	× × × × ×
下午兩點	× × × × ×	× × × × ×	◎ × × × ×	× × × × ×
下午六點	× × × × ×	× × × × ×	× × × × ×	◎ × × × ×
晚上十點	× × × × ×	× × × × ×	× × × × ×	× × × × ×

× 代表不動    ◎代表輕微移動    ●代表劇烈鑽來鑽去

## (三) 結果發現

結果可以知道在 100 分貝以內的聲音對犀角金龜的影響均不大。觀察到牠會改變原來動作，輕微移動，推測應該是想要找尋食物，或是伸懶腰。

## (四) 討論

一般而言，聽力於 25 分貝以內者為正常。25-40 分貝為輕度聽力障礙，40-55 分貝為中度，55-70 分貝為中重度，70-90 分貝為重度，90 分貝以上為極重度。可知犀角金龜的聽力並不好，甚至是聾子，要用極大分貝的聲音驅逐牠，人類可能最先承受不了。

## 陸、結論

1. 幼蟲被發現並抓起時，會先蜷曲，然後全身僵硬，並排遺。
2. 成蟲既不會飛也不會爬樹，因此會把卵產在椰子科的根部處，或是比根部再下面的地方，以防有人破壞牠的卵。
3. 犀角金龜之所以會被視為椰子樹的剋星，在於先前位在根部的一齡蟲會先將根旁的養分吃完，到了二齡蟲時再開始咬根部，到了三齡蟲時過沒幾個星期，樹因被咬食而死亡並整株倒下，幼蟲再到朽木中化蛹，以此方式不間斷繁衍。

4. 幼蟲會因為養分及空間的不足而打鬥，但成蟲因頭部只有一隻沒有分岔的犄角，所以無法夾起龐大的生物，故**犀角金龜成蟲是不會有打鬥的動作**。
5. 犀角金龜在不具交配的情形下的平均壽命在**7-8**個月。
6. 犀角金龜到了冬天時，大部分的成蟲會躲在土中、落葉中、朽木中，但經由人所飼養成蟲會躲在木屑中過冬，其原因在於飼養人當時餵其幼蟲吃的是發酵的太空包木屑，所以成蟲沿襲其習性。故我們由此可知環境的變化，對生物是有其生長發育的絕對影響。
7. 犀角金龜喜歡在熱的環境中生存，尤其在**溫度26°C – 30°C**。
8. 犀角金龜喜歡濕潤的環境，**充足水分但不能積水**。
9. 犀角金龜的幼蟲和成蟲，不喜歡光線明亮的地方，**負趨光性**，和一般書籍所提到成蟲具**趨光性**有一些出入。
10. 犀角金龜成蟲喜歡**無光照**的環境，色光越深暗的環境會出現，不喜歡光線明亮的地方。
11. 犀角金龜幼蟲喜歡含菌包土或含椰木屑的土，所以常出現在多腐質、多水分的椰子樹、菌包土、檳榔梗中，被果農視為椰子樹殺手。
12. 經觀察中發現，幼蟲所咬食的區域其植物碎屑滿地均是，其目的是藉由碎屑的保溫、保濕功能營造合適的生存環境。
13. 犀角金龜喜歡具有甜味的東西，**不喜歡苦味的咖啡和精油**，可以用這些溶液來驅趕。
14. 犀角金龜的**聽覺極差**，想要用聲音驅逐牠，效果不佳。

## 柒、反思與討論

原先觀察幼蟲白天其吃食狀況時，發現他們幾乎沒有大範圍移動，但為何過了許久牠們的身體仍是胖胖鼓鼓的？而牠們的食物也好像長了腳似的，都會移動，真是奇怪的昆蟲！

後來有一天晚上，謎底才終於揭曉！當天晚上我故意把以往不曾有的燈光打了開來，才驚覺原來晚上沒光的時候，這些幼蟲都會鑽出土外把食物推進土中，原來啊，怕光的幼蟲刻意不在有光的白天活動，而是選擇沒光的晚上把食物儲存到土裡，俗話說的好：羅馬不是一天造成的，他們的胖不是沒有理由的！

某天晚上例行觀察阿姨給的犀角金龜時發現，雌蟲不知為何一直把尾部伸進土裡，過了很長的時間才開始走動，我很好奇，所以把土挖開，沒想到土中竟然有超過二十多顆的卵，我高興大叫：「萬歲！我當乾爹了！」

好肥的大便：這次是在土裡所挖到的大便，可是和犀角金龜幼蟲受驚時所排泄的濕濕大便完全不一樣喔！



我們在觀察的過程中發現，有三隻幼蟲和其他正常的幼蟲長得有些不同，其中一隻一齡蟲的嘴巴一大一小，還有兩隻幼蟲的第二對腳比其他正常的幼蟲小了很多，非常奇怪！推測其不正常的原因：

※受精卵不完全

※卵受損

※跟同伴食物競爭時受傷

※營養不良

※寄生蟲寄生

※吃到不乾淨的東西

※蟲生病了

以上原因都有可能是造成這三隻蟲長的像「異形」喔！

#### 好玩的遊戲：挖土競賽

先將在腐質土和木屑土中的幼蟲挖出土面，測量不同鬆緊的土面，再讓幼蟲慢慢挖下去，並測其所花費的時間為何！

幼蟲名稱	土質鬆軟時所需時間(秒)	土質僵硬時所需時間(秒)
木屑 1 號	64	280
木屑 2 號	57	230
木屑 3 號	50	192
腐質 1 號	34	100
腐質 2 號	37	143

由此可發現：

※軟的土在挖掘時所花的時間比硬的土來的短

※腐質土的挖掘時間比木屑土的挖掘時間要來的短

#### 捌、參考文獻

- (1) 張永仁，民 89，台灣的昆蟲甲蟲篇，渡假出版社，台北
- (2) 張永仁，民 87，昆蟲入門，遠流出版社，台北
- (3) 潘建弘、廖志安，民 89，台灣昆蟲記，大樹出版社，台北
- (4) 網站偉偉蟲蟲館，<http://163.20.132.55/t001/2.htm>
- (5) 網站戰神的甲蟲家族，<http://tw.login.yahoo.com/cgi-bin/login.cgi>
- (6) 網站安妮的昆蟲世界，<http://www.insectweb.com.tw/forum/index.php>

評 語

081554 椰子樹下的小霸王

1. 興趣濃厚，觀察細微，有科學研究精神。
2. 對於研究的動物，了解深入，有鄉土性。
3. 實驗目的繁多，可再整理合併，表格呈現可再處理。