

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081539

雙刀武士的祕招－鋏形蟲構造與行為的研究

學校名稱：臺北縣鶯歌鎮鶯歌國民小學

作者： 小四 曾致元 小四 黃盈瑄 小四 鄭旭廷 小四 林毓瑋 小四 邱翊宏	指導老師： 塗雪莉 陳素秋
---	---------------------

關鍵詞：鋏形蟲

雙刀武士的祕招(鍬形蟲)構造與行爲的研究

摘要：

鍬形蟲是一群擁有發達大顎的昆蟲，因此民間俗稱牠為剪仔龜，歐美則稱牠為鹿角甲蟲 (Stag beetle)，鍬形蟲自成一科，分類上隸屬於昆蟲綱，鞘翅目鍬形蟲科。鍬形蟲為完全變態之昆蟲，生活史可分為卵—幼蟲—蛹—成蟲，四個階段。實驗過程以不傷害蟲體、學習尊重生命為前提，研究目的如下：鍬形蟲生活史及構造、影響鍬形蟲戰鬥力的相關因素、探討鍬形蟲嗅覺部位與嗅覺訓練實驗。

壹、研究動機

這學期第三單元-昆蟲家族：引起最多同學討論的就是神秘而厲害的鍬形蟲。因為牠擁有堅固的防禦武器—就是大顎，加上一身亮麗而堅硬的戰袍，簡直是帥呆了!於是我們好奇這位雙刀武士到底還有哪些本事？

鍬形蟲除了大顎，還有哪些因素會影響牠的戰鬥力？第一：從支撐力來看，試著暫時性的改變鍬形蟲腳數。第二：從戰鬥力來看，鍬形蟲能搬運多重的東西。第三：從敏銳性來看：如果訓練鍬形蟲對嗅覺的認知制約，有可能嗎？不如開始動手來做實驗吧！

貳、研究目的

- 一、認識鍬形蟲的構造。
- 二、了解鍬形蟲生活習性。
- 三、鍬形蟲的生活史。
- 四、暫時性改變鍬形蟲的腳數量，會不會影響戰鬥力。
- 五、比一比誰力氣大？鍬形蟲能承受多重的拖運實驗。
- 六、經過巴夫洛夫式的條件反應制約訓練，讓鍬形蟲將氣味和食物連接起來。

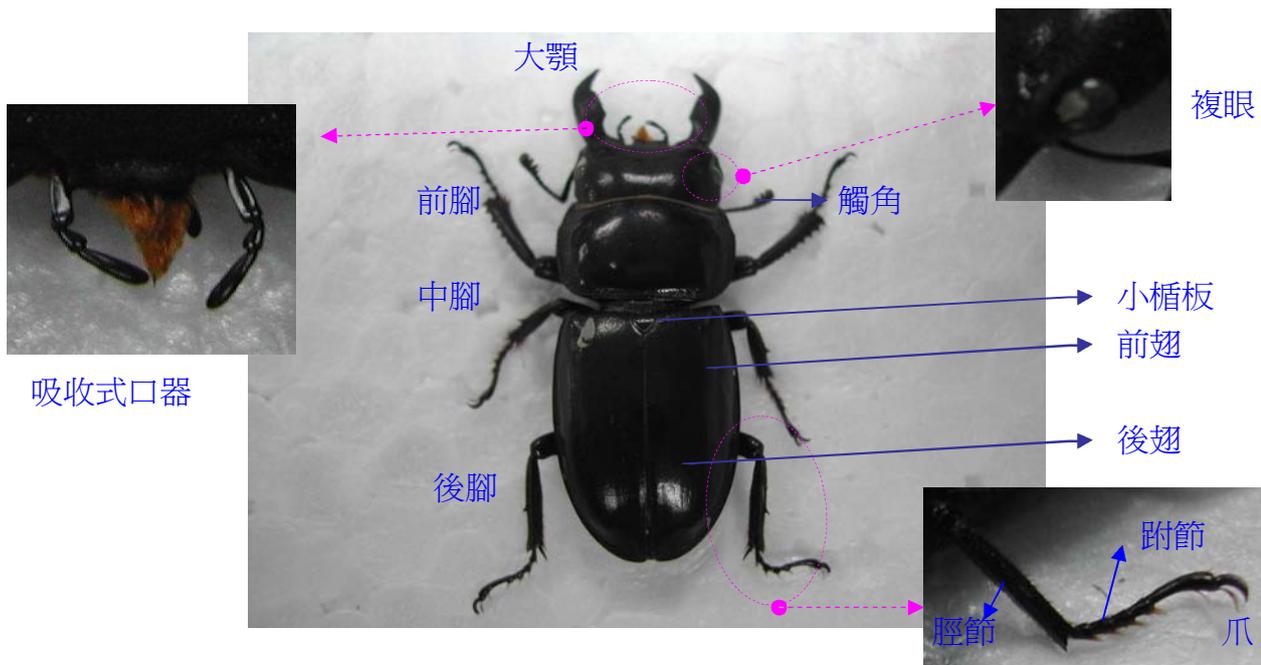
參、研究設備與器材

飼養箱、數位相機、樹汁果凍、棉線、昆蟲針、珠針、鑷子、寶麗龍板、砝碼、茶葉、保鮮膜空管、氣味存置罐，鍬形蟲數隻(自行購買)。

肆、研究過程或方法

- 一、認識鍬形蟲及其構造

(圖一：為台灣扁鍬 攝影者：邱○○同學；標本製作：曾○○同學)



(一) 鍬形蟲特徵

在日本鍬形蟲被稱為 kuwagata，意指如古代日本武士頭盔上的長角。鍬形蟲在分類上屬於鞘翅目的鍬形蟲科(Lucanidae)，體色一般為黑色、黑褐色或黃褐色，因鞘翅的形狀和圓鍬的鐵質部分相同，而大顎宛若日本古時戰帽的裝飾物，故稱為鍬形蟲類。

(二) 鍬形蟲身體構造：

1. 大顎：大部分昆蟲都有明顯大顎，也是辨別雌雄最簡單的方式，部分種類的鍬形蟲大顎內側有齒突。
2. 吸收式口器：位於頭部前方的橙黃色毛刷，能輕易吸取樹汁，許多昆蟲也有類似構造。
3. 複眼：長於頭部兩側，有許多小眼構成。
4. 觸角：觸角呈屈膝狀，能向膝蓋般彎曲，這種特徵與其他鞘翅目的昆蟲不同。嗅覺靈敏，飛行時用來判別方向，並偵測食物來源(這種相當於<天線>的器官，可以感覺氣味和物體的性質。)
5. 小楯板：固定鞘翅
6. 前翅功能：有翅膀的作用，是以固定的姿勢飛行。
7. 後翅功能：像網膜一樣的薄，鍬形蟲即拍動著它飛行。
8. 腳的功能：後腳是從後胸長出(不是從胸部)，跗節由 5 節組成，能彎曲自如。脛節相當於人類的關節，腿節相當於人的大腿。
9. 氣孔功能：鍬形蟲兩側有 10 個是呼吸的通道，(像魚一樣)會一開一合。

(三) 認識台灣扁鍬

全世界的鍬形蟲有 1100 種。仔細比較許多種類的雄鍬形蟲，會發現無論體型大小或大顎形狀皆有奇妙變化。而本組實驗以台灣扁鍬為主要研究實驗對象，故特此作簡略介紹。

1. 雄蟲

- (1)大顎齒列常隨個體大小而略有變異，大型個體大顎內側近基部有一較大型齒，自此齒起大顎向前下方曲伸，內側並有許多小齒呈鋸齒狀排列。小型個體的小鋸齒則減少而終至於和基部大齒型成幾近平整表面。
- (2)眼緣突起不完整。
- (3)頭部前緣之頭楯成兩枚齒狀突起，特徵明顯。惟小型個體有癒合之趨勢。
- (4)前胸背板的兩側緣並不平整。近中央和後方各有一尖角突起。惟小型個體逐漸消失。
- (5)翅鞘平滑，與頭部及前胸背板同呈黑色。
- (6)前腳脛節外緣有許多鋸齒狀小齒排列，中、後腳脛節中央各僅有一枚刺突。

2. 雌蟲：

- (1)眼緣突起較雄蟲完整。
- (2)大顎中央上下緣各有一小齒。
- (3)頭部前胸背板及翅鞘有小點散佈，惟前胸背板及翅鞘上的小點細小不明顯。

3. 生態及分布

分布於日本、琉球、韓國、中國大陸、緬甸、台灣。台灣普遍分布於全島低~山地，如陽明山、棲蘭、埔里南山溪、日月潭、天祥、綠島和台灣最南端的墾丁。活動期間為四月至十一月，族群數量仍多。喜歡聚集在樹幹有樹液滲出處，具有趨光性。

二、了解鍬形蟲生活習性

(一) 鍬形蟲棲息環境

鍬形蟲在世界上有九百至一千種，其中 60% 以上分部於印度、中南半島和馬來西亞諸島嶼一帶，原因是東南亞熱帶和亞熱帶地區溫暖潮濕氣候特別適合鍬形蟲生長繁殖之故。而台灣恰位於熱帶和亞熱帶之間，高山陡峭，氣候包含熱帶、亞熱帶、溫帶甚至寒帶的特性，亦兼具海洋氣候特性的特色，因此鍬形蟲種類十分豐富。確定的種類至少在 45 種以上。鄰國日本由於緯度較北，面積雖比台灣大很多，但鍬形蟲種類僅有 36 種左右。由此可見「台灣昆蟲寶庫」的美譽實在實至名歸。我們將鍬形蟲成蟲養在飼養箱，加上木屑。提供鍬形蟲可以鑽

取的環境。飼養過程中可以發現鍬形蟲在夏天季節性較熱時，活動力較盛。冬天天氣較冷時，則活動力較低。

(二) 鍬形蟲生活習性

1. 鍬形蟲常在夏天活動，也是夜行性昆蟲（動物），牠的親朋好友是獨角仙，白天常躲在樹的裂縫或土縫中，晚上的時候就像貓頭鷹一樣出來活動和找食物；鍬形蟲是中型和大型的甲蟲；鍬形蟲是草食性動物，以樹汁液為主要食物；當雄蟲（公蟲）相遇時，常常會打架。
2. 鍬形蟲戰鬥時，只看到牠們的大顎打開夾住敵人，把敵人甩出去。只要仔細看牠們打鬥，會發現牠們的腳會往後推並且向前撞再把對方夾住甩出去。母的會把敵人的跗節夾斷（不分公母）雖然母的並不好鬥，牠們打起來可是比公的打得還要兇。
3. 鍬形蟲如何分辨雌雄呢？看大顎我們就能知道了，鍬形蟲的大顎除了用來打鬥之用，雄鍬形蟲左右大顎向內夾合時，能夠剪斷或夾碎敵人的肢體，打鬥的原因除了爭搶伴侶外，也會因為地盤的所有權而發生。雌鍬形蟲的大顎很短小，主要的功用是用咬開枯朽的樹幹而產卵。雌、雄蟲在體型上的差異，雄蟲較大，雌蟲較小。鍬形蟲也跟我們一樣想住乾淨的地方，所以我覺得不要破壞環境。
4. 鍬形蟲的口器構造只適合用來吸食流質的食物，所以樹汁及腐爛的果實是牠們的最愛。我們常常可以在樹幹上，看見鍬形蟲用大顎夾破樹皮，讓樹汁流出來，然後大塊朵頤一番，像是柑桔樹、台灣欒樹的樹幹，都是鍬形蟲的最佳食物。另外腐爛在地上的水果，也往往吸引嗅覺靈敏的鍬形蟲前來挖洞、覓食，而且總是流連多天都捨不得離去呢！

三、鍬形蟲的生活史。

(一) 鍬形蟲的一生

鍬形蟲的幼蟲多以枯木纖維組織為食，只要死亡後木頭的軟硬、濕度適中，裡面亦無大量白蟻或其他昆蟲棲息著，無論是林地下的倒木、立木或樹木上的局部枯朽枝幹，都有可能被雌鍬形蟲選定為產卵對象。

1. 卵：

鍬形蟲的卵多為橢圓形，在產下的一到二個星期會孵化。隨著胚胎逐漸發育，會吸收環境中的水分而逐漸膨大，而雌蟲產卵前費工製造保護的卵室，同時預留他們膨大的空間。發育成熟的幼蟲用蠕動擠壓的方式，掙脫柔軟的卵殼。

2. 幼蟲：

當孵化的幼蟲稱為一齡幼蟲，一齡幼蟲蛻皮後成為二齡幼蟲；剛開始，牠與出孵化的幼蟲一樣，需要一小段的時間休息，讓頭殼變硬後再攝食成長。目

前已知的鍬形蟲的幼蟲期，都僅止於三齡。

3. 蛹：

經過長時間的攝食成長，三齡幼蟲逐漸成熟後便不再啃食樹木，這時，牠也不會在枯木孔道中鑽行，而會利用身體蠕動，以體背把陸續排出的糞便碎屑，均勻塗佈擠壓在棲身小空間的四周，最後形成一個內壁相當光滑緊實的長橢圓形蛹室，排光糞便的幼蟲靜待體質的變化，準備蛻變為蛹，這個蟄伏蛹室中的最後階段，通常簡稱為「前蛹期」。在蛹室中的前蛹期幼蟲，身體會逐漸縮小，原本拱彎的腹部也逐漸伸直，體表還出現許多皺紋，最後牠會以與前二齡蛻皮相同的方式，開始前後劇烈蠕動。其外皮先從胸部背側裂開，隨後裂開的頭殼連著表皮緩緩向尾端蛻去，最後形成一個米白色或米黃色，而稍具透明感的蛹，數個鐘頭後透明感消失，顏色會變身為米黃色或黃褐色。

4. 羽化：

幼蟲化蛹的一、二個星期後，頭部複眼的顏色會變深，再過一、兩個星期，頭部、大顎、前胸背板和各腳逐漸變成紅褐色，外觀與成蟲的型態幾乎相同，只是還包覆著蛹的表皮組織。鍬形蟲由蛹蛻變羽化的過程，和幼蟲蛻皮、化蛹的情形相似，羽化時會劇烈蠕動身體和伸展各腳，讓蛹的外皮破裂並逐漸向尾端擠壓，接著，牠們會從仰躺的姿勢翻身腹面朝下，米白色的翅鞘同時慢慢伸展而覆蓋在體背。

翅鞘形狀固定後牠會將身體向前靠，讓後方留下較大空間；將下翅從翅鞘下面向後伸展出來，當下翅形狀固定、由半透明米白色逐漸變薄變透明後，牠會依照固定的節理，向內打折縮進顏色慢慢變深的翅鞘下方，正式形成一隻成蟲的標準模式。

四、暫時性改變鍬形蟲的腳數量，會不會影響戰鬥力。

(一) 研究方法：

1. 實驗目的：鍬形蟲腳數量對戰鬥輸贏的影響？
2. 實驗器材：棉線、雄蟲、雌蟲
3. 實驗步驟：實驗組(腳被固定不動)、對照組(腳自由不固定)
 - (1) 步驟一：先將實驗組的腳依照實驗步驟做固定。(小心操作，不傷害蟲體)
 - (2) 步驟二：將實驗組與對照組各一的鍬形蟲置入密閉式飼養皿。
 - (3) 步驟三：仔細觀察實驗組的攻擊能力、腿部的動作及結果記錄下來。
 - (4) 步驟四：輸贏結果確定，立即鬆綁實驗組的腳，等待 20 分鐘後，再進行下一組實驗。

(二) 研究結論：

(表一)

	雄 1 號(不綁)		雄 2 號(綁腳)			雌 1 號(不綁)		雌 2 號(綁腳)	
	腳數	贏	腳數	贏		腳數	贏	腳數	贏
第 1 回	6		6	v	第 1 回	6	v	6	
第 2 回	6		6	v	第 2 回	6		6	v
第 3 回	6		6	v	第 3 回	6		6	v
第 4 回	6		5	v	第 4 回	6	v	5	
第 5 回	6		5	v	第 5 回	6	v	5	
第 6 回	6		5	v	第 6 回	6	v	5	
第 7 回	6	v	4		第 7 回	6	v	4	
第 8 回	6	v	4		第 8 回	6	v	4	
第 9 回	6	v	4		第 9 回	6	v	4	
第 10 回	6	v	3		第 10 回	6	v	3	
第 11 回	6	v	3		第 11 回	6	v	3	
第 12 回	6	v	3		第 12 回	6	v	3	
第 13 回	6	v	2		第 13 回	6	v	2	
第 14 回	6	v	2		第 14 回	6	v	2	
第 15 回	6	v	2		第 15 回	6	v	2	
第 16 回	6	v	1		第 16 回	6	v	1	
第 17 回	6	v	1		第 17 回	6	v	1	
第 18 回	6	v	1		第 18 回	6	v	1	
第 19 回	6	v	0		第 19 回	6	v	0	
第 20 回	6	v	0		第 20 回	6	v	0	
第 21 回	6	v	0		第 21 回	6	v	0	
統計次數		15		6	統計次數		19		2
獲勝機率	71%		29%		獲勝機率	90%		10%	

由以

上 100%的攻擊率分析(表一)，**鍬形蟲的腳數，對於鍬形蟲的戰鬥力有很大影響。**

經由實驗發現：雄 1 和雄 2 對戰，實力比較之下，雄 2 實力遠在雄 1 之上；即使將雄 2 的腳固定一隻(只剩五隻腳戰鬥)，但是牠的攻擊力與積極性仍在雄 1 之上。隨著雄 2 被綁的腳數越多(由一腳漸增至六腳)，可以發現戰鬥力明顯降低很多；甚至到最後，雄 2 戰鬥的慾望都被削弱了，連打都不想打了。雌鍬形蟲的狀況亦相同，原先實力較強的一方，明顯地戰鬥力降低許多。鍬形蟲的大顎雖然是主要武器，但是牠的腳仍是重要影響力，可以支撐戰鬥過程中，提供不斷往前攻敵的動力，所以當腳被束縛住時，就很難翻身，無法繼續攻擊。

(三) 研究照片：

↓ (圖二) 剛開始只固定實驗組一隻腳
可以發現其戰鬥力尚佔優勢



↓ (圖三) 當實驗組被固定腳數，只剩四隻
腳活動時，發現其支撐力不夠，
容易翻身，嚐敗仗。



↓ (圖四) 戰敗的實驗組鍬形蟲



五、比一比誰力氣大？鍬形蟲能承受多重的拖運實驗。

(一) 研究方法：

人類一般只能拖動比自己體重輕一些（約體重 86%）的物體而已。力氣很大的馬，也只能拖動自己身體 50%~83%的東西。但是小小的昆蟲往往能搬運比自己身體好幾倍重量的食物。

1.實驗目的：鍬形蟲能搬運比自己重多少的東西？

2.實驗器材：棉線、砝碼、天平

3.實驗步驟：

(1) 步驟一：先將棉線固定在鍬形蟲與裝砝碼的容器一端
(容器重量必須加入總重計算)。

(2) 步驟二：以 0.1 公克為單位慢慢增加至容器中。

(3) 步驟三：觀察增加到幾克時鍬型蟲不能負荷；紀錄並製成表格。

(4) 步驟四：除了平面桌上，也可以在木板、泥土、玻璃板上拖拖看。

(二) 研究結論：鍬形蟲本身重量 1 公克

(表二) 平滑桌面 → 第三名

試驗次數	載物重量(公克)	成功	失敗
第1回	1g	v	
第2回	2g	v	
第3回	3g	v	
第4回	4g	v	
第5回	5g	v	
第6回	6g		v
第7回			
第8回			
最大物重為體重幾倍			5 倍

(表三) 瓦楞紙 → 第二名

試驗次數	載物重量(公克)	成功	失敗
第1回	1g	v	
第2回	2g	v	
第3回	10g	v	
第4回	11g	v	
第5回	12g	v	
第6回	13g		v
第7回			
第8回			
最大物重為體重幾倍			12 倍

(表四) 木屑 → 第一名

試驗次數	載物重量(公克)	成功	失敗
第1回	5g	V	
第2回	6g	V	
第3回	7g	V	
第4回	8g	V	
第5回	9g	V	
第6回	10g	V	
第7回	12g	V	
第8回	13g	v	
最大物重為體重幾倍			13 倍

(表五) 玻璃 → 第四名

試驗次數	載物重量(公克)	成功	失敗
第1回	1g	v	
第2回	2g	v	
第3回	3g	v	
第4回	4g		v
第5回			
第6回			
第7回			
第8回			
最大物重為體重幾倍			3 倍

1. 由實驗紀錄來看，發現鍬形蟲確實能夠載重比自己重的東西(最重為體重的13倍)，如果以體重的比例來看，甚至超過人類一般只能拖動比自己體重輕一些(約體重86%)。證明鍬形蟲的肌肉比人類更發達。
2. 依照不同材質平面來看，會發現鍬形蟲在磨擦力大的表面，腳爪比較能夠出力，所以能拖的重量也比較大。

(三) 研究照片：



↑(圖五) 平滑桌面拖重試驗(最重至 5g)



↑(圖六) 瓦楞紙拖重實驗(最重至 12g)



↑(圖七) 木屑拖重實驗(最重至 13g)



↑(圖八) 摩擦力是影響負重的主要因素。

六、透過巴夫洛夫式的條件反應制約訓練，讓鍬形蟲將氣味和食物連接起來。

(一) 研究方法：

- 1.實驗目的：讓鍬形蟲將特定氣味與餵食的食物相關連起來。
- 2.實驗器材：保鮮膜空管、樹汁果凍、特定氣味、氣味保存罐
- 3.實驗分析：鍬形蟲是變溫動物，可以隨氣溫調整體溫，所以休息時不需要太多能量。爬行或疾跑移動時所需的熱量，只是休息時的3~6倍。平日餵食鍬形蟲約2-3天一次，以樹汁口味果凍為主。所以本實驗在第3天要餵食之前先實驗，不僅達到實驗目的，亦能控制禁食時間。
- 4.實驗步驟：
 - (1) 步驟一：將飢餓的鍬形蟲置於氣味保存罐持續10秒鐘，然後有一分鐘休息時間後，再餵食。
 - (2) 步驟二：重複(步驟一)數次。
 - (3) 步驟三：兩個保鮮膜空管一端開有一口，其中一個放置特定氣味(另一個無氣味)，將鍬形蟲放置在這個容器，觀察牠們對各種氣味的反應。

(二) 研究結論：

當鍬形蟲嗅探到某種特定氣味時，會聚集在有放置特定氣味的那一端。

(三) 研究照片：



↑(圖九) 鍬形蟲放入氣味保存罐持續10秒



↑(圖十) 中間休息一分鐘



↑(圖十一) 再給飢餓的鍬形蟲餵食



↑(圖十二) 鍬形蟲會選有特定氣味的那端

伍、討論

一、認識鍬形蟲的構造

- (一) 鍬形蟲屬於節肢動物門→昆蟲綱→鞘翅目→鍬形蟲科，全世界約 1200 種，台灣已發現 57 種。
- (二) 鍬形蟲最明顯的特徵便是那對大顎，只是雄蟲的大顎明顯大於雌蟲。當遇到另一隻鍬形蟲同時搶食之際，便會伸出大顎，猛夾對方，直到對方認輸。
- (三) 鍬形蟲的幼蟲在密不通風的木頭中生長，呼吸的問題就交由身上的氣孔來解決。
- (四) 鍬形蟲的嗅覺來自觸角葉片面上的感覺器官，主要是用來聞異性所散發費洛蒙，或食物的味道而得知正確位置，然後再前去或吃東西。吃東西除靠嗅覺尋找外，味覺也非常重要，牠們的小顎鬚上有味覺感覺器官，負責感應食物合不合胃口。
- (五) 鍬形蟲的前腳腿節上側有一撮細毛，可以用來清潔觸角。
- (六) 翅鞘的形狀像一個圓鍬，有的表面光滑發亮，有的佈滿刻點。

二、了解鍬形蟲生活習性

- (一) 鍬形蟲在野外活動時間約在每年三月至十月底左右，這段期間主要任務是繁衍後代，雄鍬形蟲會利用許多機會尋找雌性鍬形蟲，例如：在山林裡的路燈，因趨光性而來的雄性鍬形蟲、或是因覓食食物而聚集的個體…等等，再利用費洛蒙的特殊氣味來確定同種之後，進而達到交尾的目的。

三、鍬形蟲的生活史

- (一) 鍬形蟲屬於完全變態的昆蟲，
- (二) 幼蟲從一齡到三齡的成長期約六至八個月，一直等到適當的時機才化蛹。在化蛹前夕，三齡幼蟲在朽木中，會利用身體所分泌出的物質與蠕動，而建構出一個透氣、堅硬且適合自己身體大小的橢圓形蛹室，這個階段稱為「前蛹期」。

四、暫時性改變鍬形蟲的腳數量，會不會影響戰鬥力

- (一) 二隻雄蟲常因爭奪雌蟲交配權或爭奪食物、地盤而打架，其利用強而有力的大顎將對方彈離現場，再獨佔所有好處。
- (二) 在爭鬥過程中，常會造成身體損傷，或斷手斷腳，或體壁破裂。
- (三) 比賽中發現力氣大的鍬形蟲除了用大顎攻擊對方，偶爾會將對方舉起來，用力甩出。
- (四) 腳的支撐力不足，一旦翻身後就不容易再翻回來，常打敗仗。

五、比一比誰力氣大？鍬形蟲能承受多重的拖運實驗

- (一) 鍬形蟲在過程中有時後因為不肯動，所以會導致實驗不成或延誤。
- (二) 不同的材質場地因為磨擦力不同，會發現即使搬運相同的重量，但是鍬形蟲的執行難易度還是有些微不同。

(三) 搬運的物體形狀也會影響搬運的成功機率，實驗剛開始使用「砝碼」，後來發現當砝碼越重越容易陷入木削中，影響實驗。所以後來改用「圓形粘土」來遞增搬運重量。

六、經過巴夫洛夫式的條件反應制約訓練，讓鍬形蟲將氣味和食物連接起來

(一) 必須事先讓鍬形蟲忍受飢餓感，才可以讓實驗時成效更彰。

(二) 鍬形蟲在聞嗅物品時，觸角會不斷騷動向食物方向靠近，以此判別目標物的距離。

(三) 鍬形蟲剛開始接觸陌生的氣味時，會不受動，但會用觸角感受空氣氛圍，等到實驗後期，漸漸熟悉氣味時，牠又開始在氣味罐裡動來動去。

陸、結論

一、認識鍬形蟲的構造：

鍬形蟲的體型扁平是為了方便吸取樹汁與鑽土行為。

二、了解鍬形蟲生活習性：

鍬形蟲晚上活動力比白天來的好，喜好鑽土。

三、鍬形蟲的生活史：

鍬形蟲為完全變態昆蟲，幼蟲時期能夠不斷成長，但是當轉為成蟲，體型就很難改變。

四、暫時性改變鍬形蟲的腳數量，會不會影響戰鬥力：

鍬形蟲的武器雖然主要是大顎，但是當腳無法正常使用時，會因為重心不平衡，也無法使出全力迎面而擊。

五、(一)比一比誰力氣大？鍬形蟲能承受多重的拖運實驗：

1. 鍬形蟲能承受大於自己身體數倍的重量；在磨擦力越大的表面，鍬形蟲所能承受搬運的重量越重。

2. 承載搬運重量由大至小：木屑 > 瓦楞紙 > 平滑桌面 > 玻璃，故證明磨擦力會影響鍬形蟲搬運重量的多寡。

六、經過巴夫洛夫式的條件反應制約訓練，讓鍬形蟲將氣味和食物連接起來：

鍬形蟲透過觸角與巴夫洛夫實驗模式，也能將特定氣味與食物的記憶連貫起來。但是訓練所需時間較長。

柒、研究與展望

一、鍬形蟲在長期的進化過程中，形成一系列的適合自身特點和生活方式的感覺器官和感受器。其感覺器官也是適者生存的結果。而這些靈敏的感覺器官恰好可以給科學家用思路，釐清鍬形蟲各種的感覺器官的作用，從而方便我們的生活。

二、鍬形蟲的感覺器官在功能上，分為味覺器和嗅覺器兩類，味覺器主要感受能接觸到、或濃度較高等物質分子。而嗅覺器則感受一定距離內的揮發物質的分子，在化學通訊中起著重要的作用。

三、對鍬形蟲的合理利用將對我們生活有很大作用，比如利用感覺器可以進行害蟲治理使鍬形蟲成爲害蟲探測器，讓目標在短時間裡暴露出來。

捌、參考資料與其他

- 一、王美芬 四下康軒教科書。臺北縣：康軒出版社。(民 96)
- 二、王志宏 (民 95)鍬形蟲-台灣剪龜仔 經典雜誌 100 期 P34-53
- 三、王效岳 台灣鍬形蟲圖說。臺北市：臺灣省立博物館出版社。(民 79)
- 四、朱耀沂 (民 95)新三國演義—鳥、蜘蛛及昆蟲之恩怨情仇。自然保育季刊 53 期 P62
- 五、林春輝 光復自然科學寶庫-鍬形蟲、獨角仙。臺北市：光復出版社。(民 80)
- 六、張有池 諾貝爾自然大百科-微觀昆蟲奧秘。臺北縣：智揚出版社。(民 82)

【評語】 081539 雙刀武士的祕招－鍬形蟲構造與行爲的研究

1. 觀察很仔細。
2. 研究題材很有趣味性。
3. 敘述性資料可以簡短些，加強實驗性數據的呈現，生覆數應增加。