

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

080316

以「獨」攻「獨」—探討獨角仙的格鬥模式

學校名稱：臺中市東區力行國民小學

作者： 小六 陳佳妤 小六 林若羽 小五 蔡承勳 小五 許育廷 小五 傅奕萱	指導老師： 黃詩倩
---	------------------

關鍵詞：獨角仙、打鬥行為、機率

摘要

根據文獻搜尋顯示本研究為首篇發表探討獨角仙的打鬥模式。本研究透過採集、飼養台灣亞種獨角仙，觀察獨角仙的身體構造與打鬥行為的關係，分析獨角仙在夜晚七點到十點間的打架機率，找出獨角仙較會打鬥的熱點，再以手機或平板錄下獨角仙打鬥畫面、分析影片、探究打鬥模式。研究結果顯示獨角仙擅長以頭部獨特構造攻擊對手，雄蟲攻擊以「頭角」為主；雌蟲擅長以「頭部」攻擊對手，較量力氣。雄蟲與雄蟲打鬥模式為「插入式」、「拋摔式」、「掀翻式」、「互頂式」、「棒打式」；雌蟲與雌蟲間打鬥模式為「頭頂式」、「腳攻式」、「爬壓式」；雄蟲與雌蟲打鬥模式為「插掀式」、「爬壓式」、「頭角攻式」、「頭頂式」。

壹、前言

一、研究動機

四年級下學期時，在康軒版第三單元「昆蟲家族」中老師讓我們飼養獨角仙來觀察獨角仙的成長過程。下課時，聽著同學開心地談論著他們飼養的雄獨角仙放在飼養箱裡會打鬥起來，令我十分好奇，除了雄與雄獨角仙會打架，雌與雌、雄與雌的獨角仙會打架嗎？時常打架嗎？獨角仙擅長用哪個部位打架的？牠們的打架有像武俠小說般有千奇百怪的招式嗎？打鬥時有擅長的招式嗎？在好奇心與喜愛獨角仙的驅使下，我和好友們一起投入了飼養獨角仙並觀察獨角仙的活動點滴、如何格鬥，並比較雄、雌獨角仙們之間打鬥的差異。

二、研究目的

- (一) 觀察獨角仙的身體構造。
- (二) 分析獨角仙打架機率。
- (三) 觀察獨角仙打架的行為。
- (四) 探討獨角仙打架的模式。

三、相關文獻

- (一) 獨角仙的簡介

獨角仙的學名 *Allomyrina dichotomus*，別名雙叉犀金龜。屬於節肢動物門昆蟲綱鞘翅目金龜子科兜蟲亞科。由於獨角仙的雄蟲頭部有一隻犄角，故稱為「獨角仙」。

台灣俗稱的獨角仙有兩種，分別為獨角仙和姬獨角仙。台灣的獨角仙從平地到 2000 公尺山區都有牠們的蹤跡，而姬獨角仙只分布在台灣南部、綠島、蘭嶼。

獨角仙成蟲體色呈現紅褐色或黑褐色。雄蟲頭部上方具一根前端成雙分叉狀的長犄角，看起來像犀牛的角一樣，所以又被稱雙叉犀金龜。前胸背板中央亦長有短犄角，頂端也有分叉，體背具有光澤；雌蟲頭上則沒有犄角，而且體背顏色較深也較沒有光澤。

獨角仙成長過程歷經卵、幼蟲、蛹及成蟲四個階段(圖 1)。雌獨角仙大約在每年的八月與雄獨角仙交配之後產卵，卵孵化後進入幼蟲期，幼蟲棲息在泥土裡，母雞常翻土啄食，又稱雞母蟲。約經過七到八個月的時間才會進到蛹期。而每年大約在四月時才化蛹，五月到七月就是獨角仙羽化長成成蟲的季節。成蟲的獨角仙生命非常的短暫，牠需交配、繁殖及延續生命。在交配過後，雌獨角仙便會鑽入土中產卵，在產完卵後，雌蟲便會死亡，而雄蟲也不會活得太久，因此在每年九月之後就很少看見獨角仙的蹤跡了。



圖 1 獨角仙成長歷程

(二)獨甲仙的生態習性

獨角仙是夜行性的昆蟲、有很強的趨光性。獨角仙的成蟲白天鑽進樹洞或在落葉堆裡躲起來休息、睡覺；黃昏以後，獨角仙就陸續會出來活動，因此在夜晚稍微潮濕的山區樹幹上，或者朽木及腐植土中，最容易找到獨角仙的蹤跡。

野外獨角仙喜愛吸食樹液和腐果為主要的食物，尤其是喜歡光臘樹的樹液，牠們會用犄角挖破樹皮，加速樹汁流出來吸食。而人工飼養獨角仙時可使用昆蟲專用果凍或者有甜分的水果餵養，專用果凍中的營養成分好，則能延長獨角仙成蟲的壽命。

貳、研究對象、設備及器材

一、研究對象

本研究飼養的獨角仙為台灣亞種(tunobosonis)—學名 *Allomyrina dichotomus*。

前碼以 1 代表雄蟲，後碼為雄蟲的編號		前碼以 2 代表雌蟲，後碼為雌蟲的編號	
			
1-1 體長 6.6 cm	1-6 體長 5.9cm	2-1 體長 4cm	2-6 體長 4.4cm
			
1-2 體長 5 cm	1-7 體長 5.3cm	2-2 體長 4.7cm	2-7 體長 4.9cm
			
1-3 體長 5.5 cm	1-8 體長 6.1cm	2-3 體長 4.5cm	2-8 體長 4.4cm
			
1-4 體長 5.2 cm	1-9 體長 7.3cm	2-4 體長 4.1cm	2-9 體長 5cm
			
1-5 體長 5.7 cm	1-10 體長 7.4cm	2-5 體長 4.6cm	2-10 體長 4.3cm
雄蟲共 10 隻，平均體長(含頭角) 6 cm		雌蟲共 10 隻，平均體長 4.5 cm	

二、研究設備與器材

(一)一般器材

昆蟲飼養箱長 30cm 寬 20cm 高 21cm(含上蓋)20 個、游標卡尺、水苔、果凍台 20 個、甲蟲果凍、噴水器、圓形貼紙、白色油性筆、手套、檯燈、五本獨角仙觀察紀錄本(圖 2)。

(二)電子器材

使用檯燈、iPad、手機或相機、電腦(圖 2)。



圖 2 研究設備與器材

參、研究過程與方法

要研究獨角仙是如何打鬥的?我們必先要了解牠，所以飼養和細心的觀察紀錄，是昆蟲研究最基本的步驟。我們先在圖書館尋找相關書籍、閱讀相關文獻，了解獨角仙的生態習性再進一步透過飼育瞭解獨角仙的身體構造。老師於 110 年 6 月 13 日晚上七點到八點間在南投縣竹山鎮木屐寮生態園區的光蠟樹上採集二十隻獨角仙成蟲，有十隻雄的、十隻雌的，再交給我們飼養、觀察並記錄。飼養時間自 110 年 6 月 19 日開始至 110 年 8 月 20 日，直到獨角仙壽命結束，共 62 天，在這期間歷經了暑假與新冠肺炎疫情最嚴峻期。我們五位研究者在家中進行獨角仙飼養觀察，設計了四個觀察實驗來了解牠們打架的情形，再進行獨角仙打架行為的研究。

一、身體構造探究

(一)獨角仙飼養環境布置

將取得的二十隻獨角仙研究樣本，放入中型透明昆蟲箱分開飼養，飼養箱底放置水苔、粗樹枝，好讓獨角仙攀爬與活動；果凍臺放入甲蟲專用果凍，作為供給牠的食物，並將飼養箱放置在陰涼通風處，定期噴水保持飼養環境舒適。

(二)獨角仙飼養觀察記錄

我們分成五組，每人負責養二對雄與雌獨角仙。每隻獨角仙都測量身長，在獨角仙身上貼上貼紙編號，前碼以 1 代表雄的；以 2 代表雌的，而後碼則為獨角仙的編號。在飼養期間互相討論飼養心得。

(三)獨角仙身體構造觀察

將獨角仙雄蟲與雌蟲放在白紙上拍照，將雄蟲與雌蟲畫在紀錄紙上。疫情期間線上會議 Meet 時討論、探究獨角仙身體構造。

二、觀察獨角仙打架的機率

(一)紀錄的時間

我們五個人每日晚上觀察三次並記錄三次，以晚上七點到八點之間、八點到九點之間、九點到十點之間各做一次觀察紀錄，觀察記錄同性別或是不同性別獨角仙放在一起的狀況，持續觀察紀錄二十五天。

(二)設計紀錄表格

設計獨角仙打架次數觀察紀錄表，如圖 3 所示。一張表紀錄五天，一個人紀錄五張，一共紀錄二十五天。紀錄完畢進行獨角仙打架機率統計分析。

獨角仙打架機率紀錄表 紀錄者: _____

日期: 110 年 ____月 ____日

	雄()&雄()	雌()&雌()	雄()&雌()
晚上七—八點			
晚上八—九點			
晚上九—十點			

日期: 110 年 ____月 ____日

	雄()&雄()	雌()&雌()	雄()&雌()
晚上七—八點			
晚上八—九點			
晚上九—十點			

日期: 110 年 ____月 ____日

	雄()&雄()	雌()&雌()	雄()&雌()
晚上七—八點			
晚上八—九點			
晚上九—十點			

日期: 110 年 ____月 ____日

	雄()&雄()	雌()&雌()	雄()&雌()
晚上七—八點			
晚上八—九點			
晚上九—十點			

日期: 110 年 ____月 ____日

	雄()&雄()	雌()&雌()	雄()&雌()
晚上七—八點			
晚上八—九點			
晚上九—十點			

圖 3 打架機率觀察紀錄表

(三) 觀察的方法

將兩隻獨角仙放置在飼養箱果凍台上，在紀錄表括號處寫下獨角仙編號，計時兩分鐘，若有打鬥行為則打√，沒有則打×，紀錄在獨角仙打架機率觀察紀錄表。若有打鬥行為則使用智慧型手機或平板，拍攝兩隻獨角仙在飼養箱內的情形。打鬥行為是指獨角仙與獨角仙身體開始有接觸、頂來頂去、碰撞、打到翻身或一隻逃走、撤離等。

三、觀察獨角仙打架

(一) 觀察與紀錄的方法

在白天或夜晚進行雄與雄獨角仙、雄與雌獨角仙、雌與雌獨角仙打架觀察與錄影，將影片儲存在雲端硬碟，以慢動作 0.25 的速度播放來觀察紀錄雄與雄獨角仙、雄與雌獨角仙、雌與雌獨角仙身體接觸部位時間軌跡紀錄。

以兩隻獨角仙身體同時碰觸的點(部位)，以時間先後依序紀錄 1、2、3……，兩

隻獨角仙都必須同時紀錄時間軌跡，直到身體間沒有碰觸就結束紀錄。

(二) 設計獨角仙打架紀錄紙

我們設計三張獨角仙側身圖(雄與雄、雌與雌、雄與雌)，如圖 4 所示，作為獨角仙打架觀察紀錄紙。

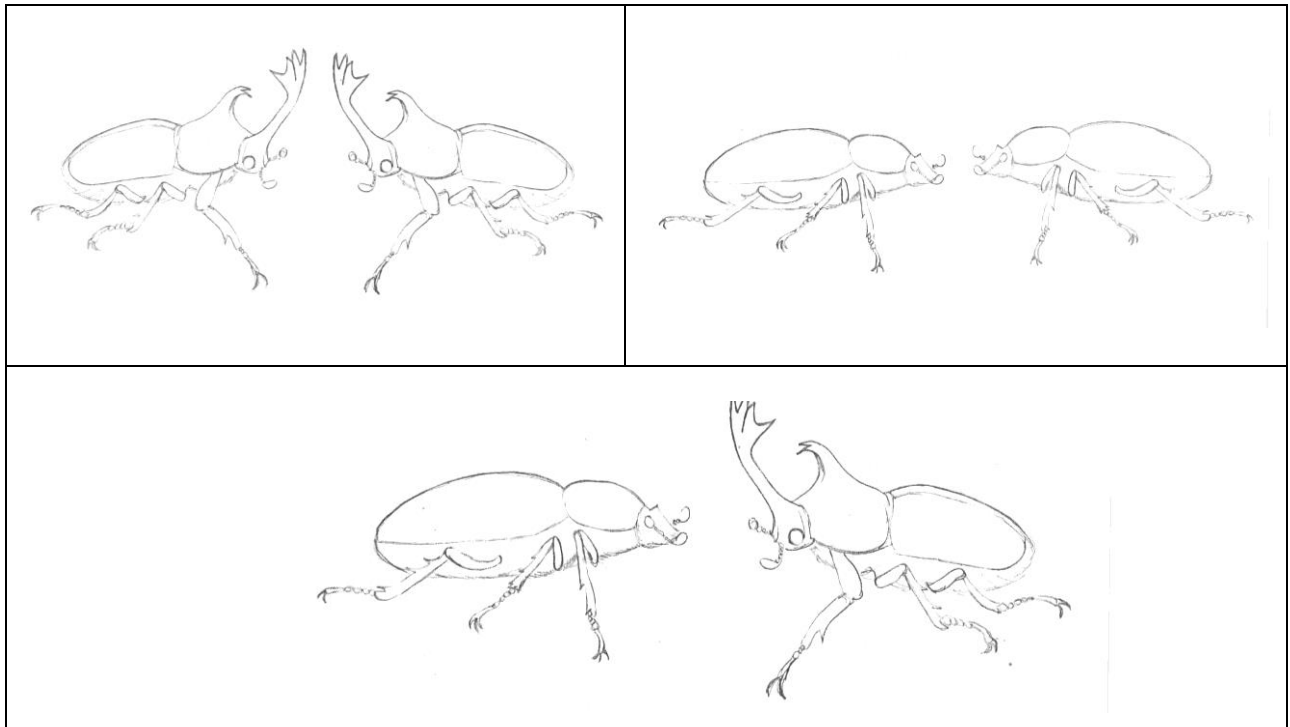


圖 4 獨角仙打架紀錄紙

四、探討獨角仙打架的行為

(一) 找出打架策略

暑假飼養獨角仙期間我們錄到獨角仙打架的影片，共 67 段。將打架影片儲存在雲端硬碟，以「與我共用」方式，分配影片讓組員做獨角仙打架觀察紀錄，開學後在學校電腦教室進行探討獨角仙打架影片的探討。

設定 0.25 的速度播放已儲存的獨角仙(雄&雄、雌 &雌、雄&雌)打架影片，重複仔細觀看，先用文字敘述記錄打架的過程，記錄在獨角仙打架紀錄紙上，再抽絲剝繭歸納出獨角仙(雄&雄、雌&雌、雄&雌)打架策略。

(二) 找出攻擊與被攻擊部位

依獨角仙身體接觸部位時間軌跡的紀錄表做統計，找出獨角仙打架時的攻擊部位與被攻擊部位次數統計分析。

(三)找出打架模式

完成獨角仙打架影片觀察和記錄後，大家討論獨角仙打鬥是否有明確的打鬥模式，並分析、歸納出獨角仙打鬥的模式。

肆、研究結果

一、獨角仙飼養觀察

獨角仙身體正面有一層如盔甲般的硬殼，身體區分為頭部、胸部、腹部。體色深褐色至紅褐色。本研究飼養的雄獨角仙包含頭角的體長平均約 6 公分，雌獨角仙體長平均約 4.5 公分，雄獨角仙體型大於雌獨角仙。以下是獨角仙身體構造名稱圖解說明(圖 5)：

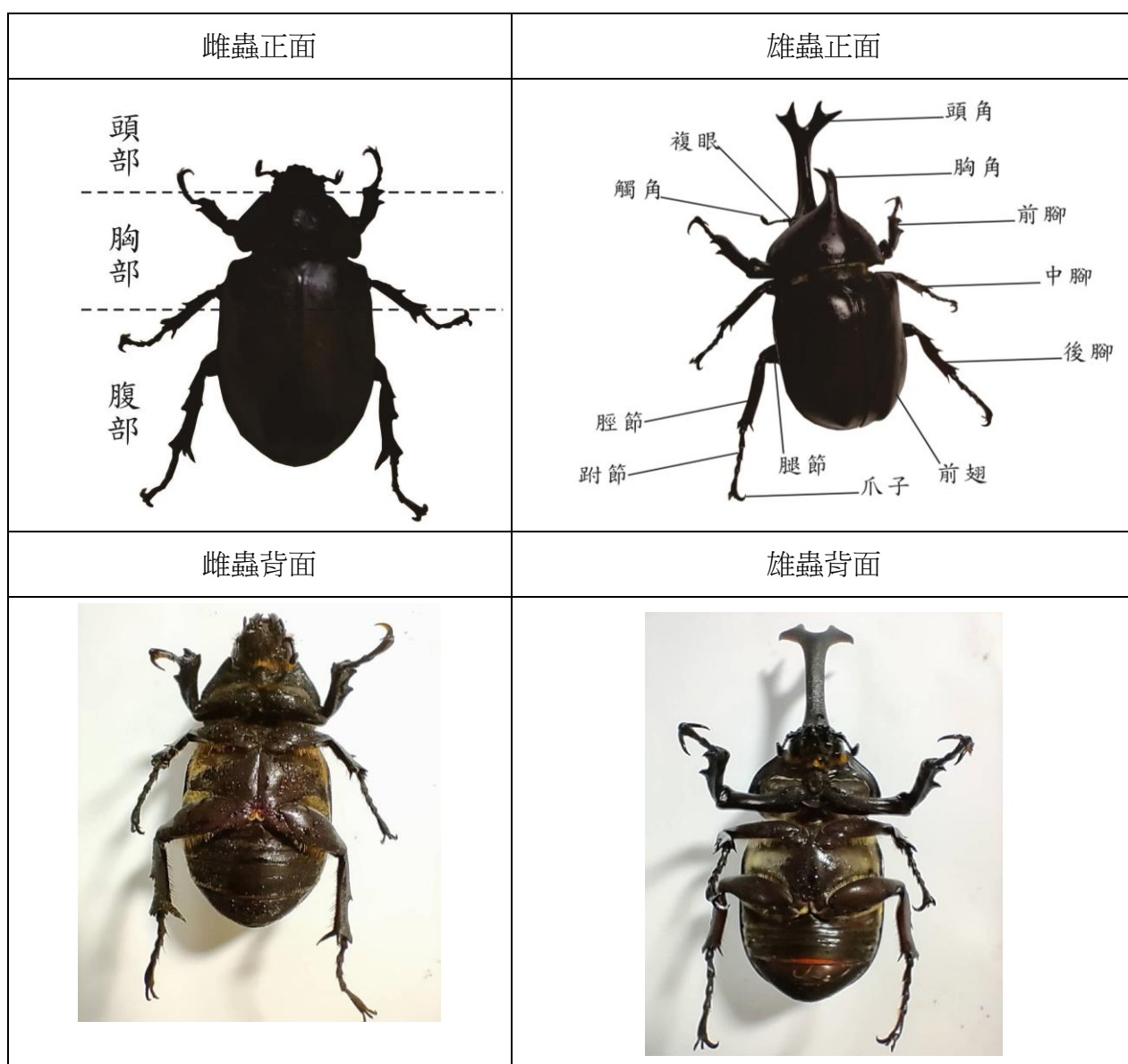
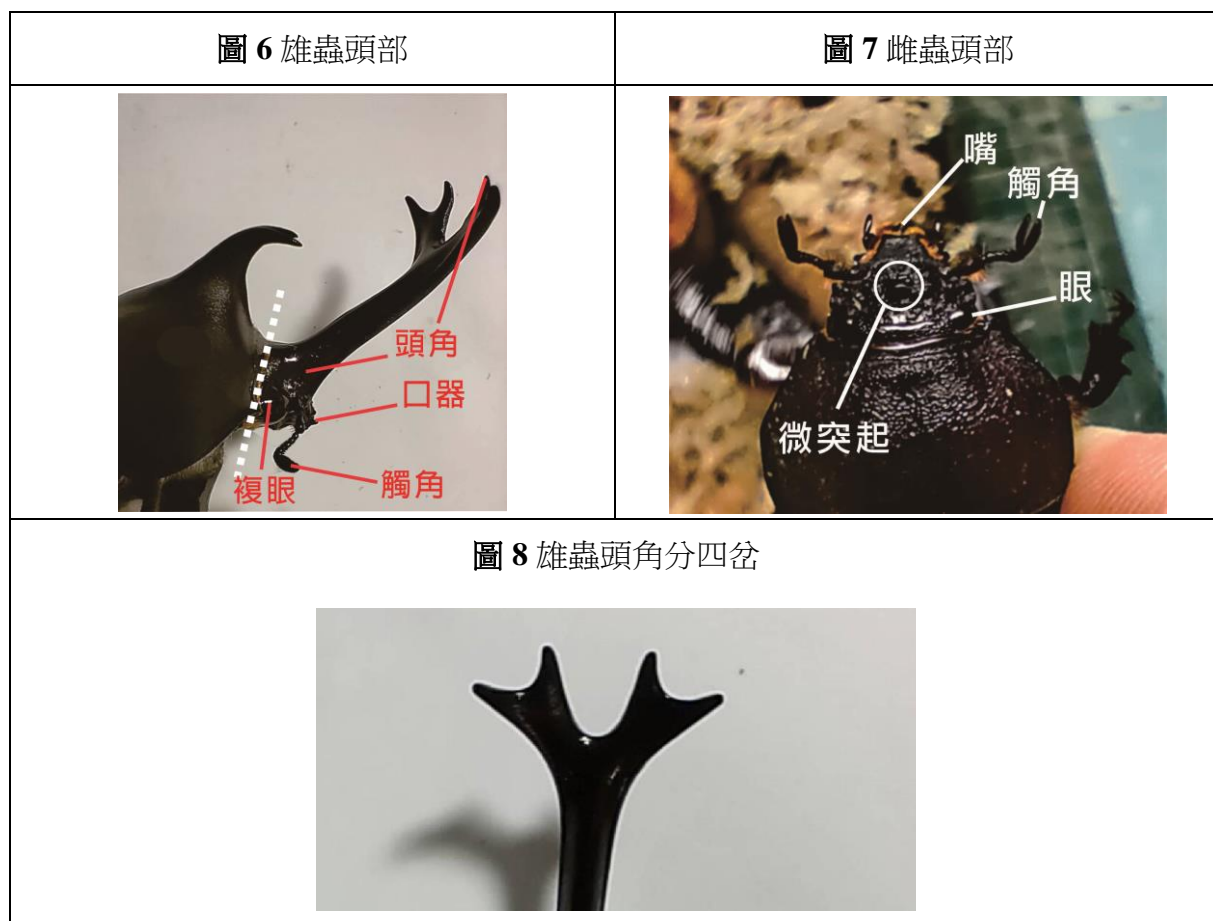


圖 5 獨角仙身體構造名稱

(一) 頭部

主要由頭角、複眼、觸角、口器所構成(圖 6)。雄獨角仙頭部前方有像鹿角雙分岔，長長頭角向前伸出，末端向上彎曲並分四岔(圖 8)。頭角不能動，只能靠頭部的擺動來帶動頭角使其上下活動，而雌獨角仙雖然沒有頭角但頭部前額處有局部微微的隆起(圖 7)，也是頂撞對手時的重要部位。



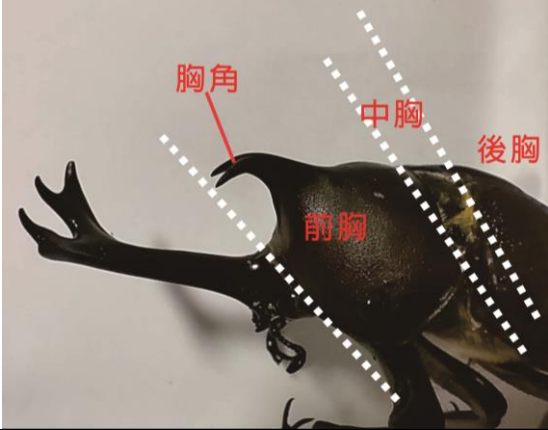


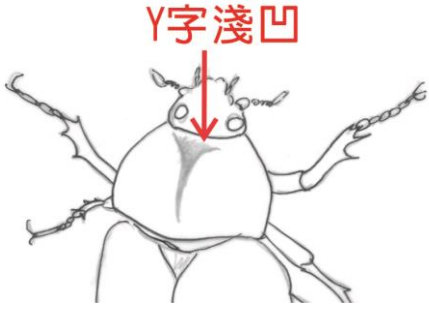
獨角仙頭部構造

(二) 胸部


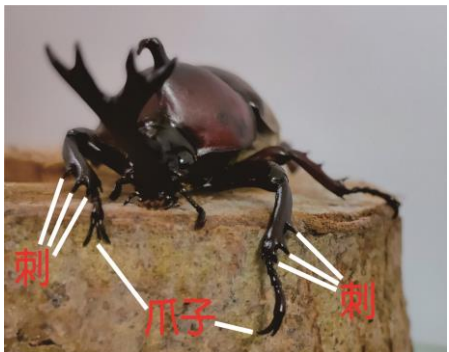

胸部分成前胸、中胸、後胸三節(圖 9、圖 10)，雄蟲前胸背板中央處有前伸出單分岔的短胸角，略向下彎曲，末端分兩岔(圖 11)，而雌蟲無胸角，雌蟲前胸背板有 Y 字型淺凹(圖 12)。

前胸、中胸、後胸都各別生出一對腳，分別為前腳、中腳及後腳(圖 13)，雄蟲前腳明顯長於雌蟲。每隻腳由身體內到外分別長腿節、脛節、跗節(圖 15)，腿節是肌肉最發達部位；脛節上有刺(圖 14、圖 15)，用來攀抓樹木，也可提供自衛防身；跗節分許多小節，前端有彎曲銳利腳爪，爪子(圖 15)有分叉專門用來牢牢的勾住樹幹，抓住地面時不會滑

倒，打鬥時腳能抓住對手身體，交配時雄獨角仙也能緊抓雌獨角仙。

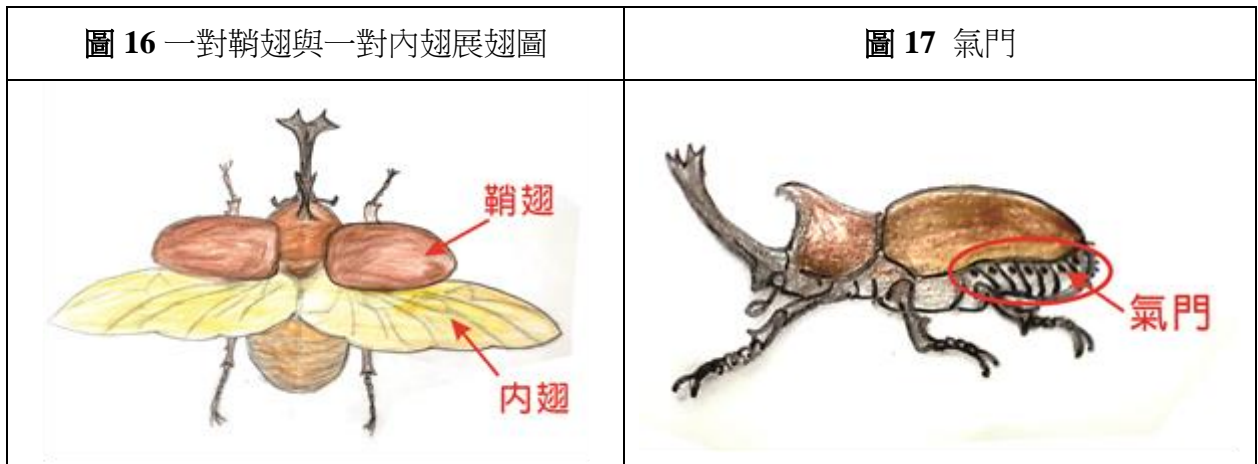
<p>圖 9 雄蟲胸部</p>	<p>圖 10 雌蟲胸部</p>
	
<p>圖 11 雄蟲胸角分兩岔</p>	<p>圖 12 雌蟲前胸背板</p>
	

獨角仙胸部的構造

<p>圖 13 前、中、後腳</p>	<p>圖 14 刺與爪子</p>	<p>圖 15 腳部名稱</p>
		

獨角仙腳的構造

後胸上緣覆蓋著一對鞘翅，鞘翅堅硬保護身體，下方由一對內翅組成(圖 16)。獨角仙的氣門(圖 17)是呼吸器官，分布在胸部和腹部兩側，左右各九個。



獨角仙後胸、腹部的構造

(三) 腹部

上緣覆蓋鞘翅，下緣由五節腹部組織構成，橫紋柔軟(圖 18)，有氣門、交尾器及消化器官。



圖 18 獨角仙的腹部

以上的觀察，讓我們認識了獨角仙身體各部位構造，同時也幫助探索獨角仙用來打鬥的部位。

二、獨角仙發生打架的機率

將五位研究者在晚上七點到八點、八點到九點、九點到十點，這三個時段各觀察一次獨角仙在兩分鐘內是否發生打架，持續觀察 25 次做了統計，統計結果彙整如下表格。

(一) A 研究者統計獨角仙在不同時段中，兩分鐘內發生打架的機率

時段 \ 次數	雄蟲 & 雄蟲	雌蟲 & 雌蟲	雄 & 雌
晚上七點—八點	8/25	5/25	3/25
晚上八點—九點	14/25	4/25	4/25
晚上九點—十點	13/25	5/25	9/25

備註:觀察期間內雄蟲和雌蟲共交配十次。

(二) B 研究者統計獨角仙在不同時段中，兩分鐘內發生打架的機率

時段 \ 次數	雄蟲 & 雄蟲	雌蟲 & 雌蟲	雄蟲 & 雌蟲
晚上七點—八點	0/25	0/25	0/25
晚上八點—九點	0/25	0/25	0/25
晚上九點—十點	6/25	1/25	1/25

備註:觀察期間內雄蟲和雌蟲共交配兩次。

(三) C 研究者統計獨角仙在不同時段中，兩分鐘內發生打架的機率

時段 \ 次數	雄蟲 & 雄蟲	雌蟲 & 雌蟲	雄蟲 & 雌蟲
晚上七點—八點	1/25	1/25	0/25
晚上八點—九點	2/25	1/25	1/25
晚上九點—十點	5/25	2/25	1/25

備註:觀察期間內雄蟲和雌蟲共交配兩次。

(四) D 研究者統計獨角仙在不同時段中，兩分鐘內發生打架的機率

時段 \ 次數	雄蟲 & 雄蟲	雌蟲 & 雌蟲	雄蟲 & 雌蟲
晚上七點—八點	6/25	3/25	0/25
晚上八點—九點	1/25	1/25	1/25
晚上九點—十點	2/25	0/25	1/25

(五) E 研究者統計獨角仙在不同時段中，兩分鐘內發生打架的機率

時段 \ 次數	雄蟲 & 雄蟲	雌蟲 & 雌蟲	雄蟲 & 雌蟲
晚上七點—八點	0/25	0/25	0/25
晚上八點—九點	0/25	0/25	0/25
晚上九點—十點	0/25	0/25	0/25

備註:觀察期間內雄蟲和雌蟲共交配一次。

最後再依上述五位研究者的統計結果算出獨角仙在不同時段發生打架的平均機率，如下

表所示:

時段 \ 次數	雄蟲 & 雄蟲	雌蟲 & 雌蟲	雄蟲 & 雌蟲
晚上七點—八點	3/25	2/25	1/25
晚上八點—九點	3/25	1/25	1/25
晚上九點—十點	5/25	2/25	2/25

在晚上七點到八點時段中，雄與雄獨角仙打架的平均機率是 12%；雌與雌獨角仙打架的平均機率是 8%；雄與雌獨角仙打架的平均機率是 4%。在晚上八點到九點時段中雄與雄獨角仙打架的平均機率是 12%；雌與雌獨角仙打架的平均機率是 4%；雄與雌獨角仙打架的平均

機率是 4%。在晚上九點到十點時段中雄與雄獨角仙打架的平均機率是 20%；雌與雌獨角仙打架的平均機率是 8%；雄與雌獨角仙打架的平均機率是 8%。如下圖 19 所示。

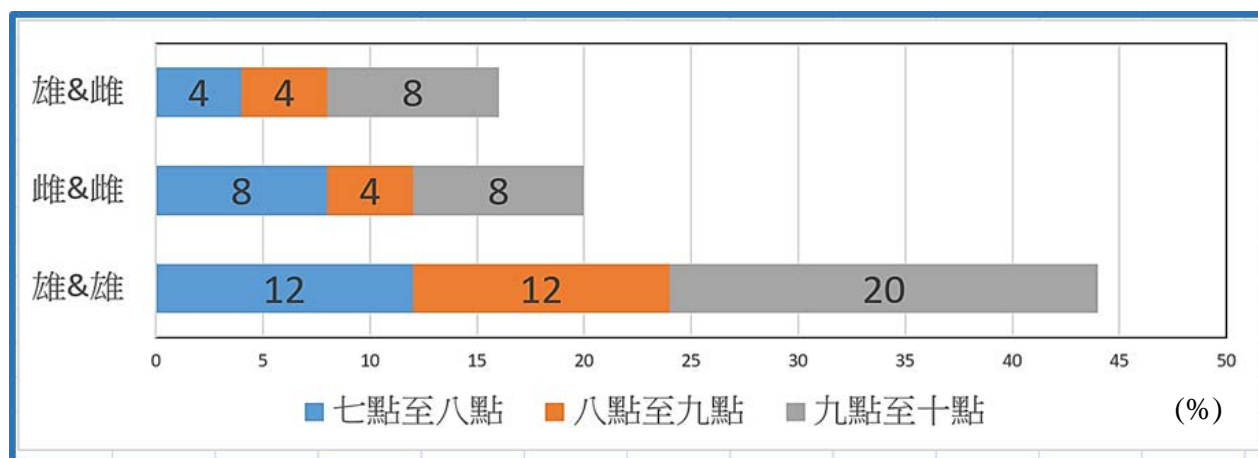


圖 19 獨角仙打架平均機率累積 (%)

綜上所述，從晚上七點到十點之間雄與雄獨角仙發生打架的平均機率累積是 44%；雌與雌獨角仙打架的平均機率累積是 20%；雄與雌獨角仙打架的平均機率累積是 16%。因此我們觀察時段裡雄蟲與雄蟲打架機率最高，雌蟲與雌蟲打架機率次之，而雄蟲與雌蟲打架機率最低，發生交配的平均機率為 12%。從上圖 19 中發現九點到十點時段，獨角仙打架的機率高於其他時段，而在九點到十點間雄蟲與雄蟲打架的機率最高。以上的結果幫助我們找到獨角仙較有機會發生打架的熱點，以利進行打架錄影及打架模式探討。

三、觀察獨角仙打架行為

獨角仙發生打鬥的時間點不一定在夜晚，白天有時也是十分活躍。我們在暑假六月 18、24、25、26 日下午一點到兩點間；六月 27 日晚上九點到十點間；七月 12 日清晨四點到五點間；七月 15 日中午十二點到下午兩點間；七月 19 日上午六點到八點間；7 月 21 日晚上九到十點間；7 月 23、24、25 日分別錄到 67 段影片，進行獨角仙打鬥的觀察紀錄分析。

(一)雄蟲的打鬥

(1)打架的策略

雄蟲擅長激烈的搏鬥，從錄到雄蟲打架的 30 段影片進而分析，歸納出雄蟲打架是有規則的戰術：

表 1 雄蟲與雄蟲打架的部位、招式、發生次數統計表

打架部位	招 式	次數
頭 角 頂 端	用頭角插入對手身體下方，將對手頂起拋摔、掀翻	33
	用頭角頂端將對手頂開、頂翻、鏟起、碰撞	32
	用頭角互頂、互推、對峙、威嚇	17
	頭角分岔處	
	頂對手胸角，將對手頂開、掀翻	15
	頂對手頭角中段	6
	頂對手頭角分岔處	2
頭角中段	用頭角中段彼此互壓、互打、碰撞	22

「角」是獨角仙的武器，戰術運用上各有巧妙不同。「頭角」長且粗壯，「胸角」極短小，打鬥主要靠「長頭角」而「小胸角」其次。打鬥策略主要有三種方式：

- 第一種是以頭角頂端趁機插入對手身體下方翹起、掀翻對手、甚至用前腳助攻將對方摔出、拋下，被舉高的一方即是失敗。若勝負未出，變成頭角與腳一起纏鬥得難分難解，彼此會試圖尋找對方弱點，例如從頭部側面的空隙，趁機插入對手身體下方機會攻擊(圖 20)。



圖 20 頭角攻擊方式

2. 第二種是以身體的力氣較量，雄蟲會壓低頭部以較低的姿勢用「角」推擠、衝撞對手(圖 21)，常常會以「頭角」頂「頭角」(圖 23)，有時也會以頭角「分岔處」精準的卡住對手前胸部下彎的「胸角」(圖 24)或「頭角中段」互推或掀翻對手(圖 22)，使對方知難而退。頭角的大分岔、小分岔皆能卡住對手進行攻擊。



3. 第三種則是會彼此用頭角「中段」(圖 25)，猶如使用棍子般互壓、互打，也會用頭角中段打對手頭部、胸部、腹部，能連戰好幾回合。



圖 25 頭角中段攻擊法

「腳」為獨角仙支撐身體，六隻腳的末端「爪子」可緊抓樹幹、樹皮，幫助施力，抵抗對手，避免身體被對手舉起，一旦對方腳抓不住東西，無法穩定身體，就會被插入鏟翻或甩、被拋摔的後果(圖 26)。前腳粗壯、力氣大，能運用前腳抓起對手。強而有

力的腳也能對抗對手的推擠碰撞(圖 27)。



圖 26 腳抓不住果凍台，被拋摔



圖 27 以前腳攻擊對手頭角

(2)攻擊與被攻擊部位統計:

表 2 雄蟲攻擊部位與被攻擊部位統計表

發動攻擊部位	次數	被攻擊部位	次數
頭角頂端	233	頭角頂端	84
頭角中段	70	頭角中段	62
前腳	43	前胸/中胸/胸角	45/35/36

「頭角頂端」處是雄獨角仙發動攻擊最多的部位，亦是常被攻擊處。

(3)打架模式

根據雄蟲與雄蟲打架部位、招式的次數統計歸納出雄蟲彼此打鬥常出現的戰術有「插頂拋」、「插掀翻」、「頭角頂頭角」、「頭角頂胸角」、「頭角中段互打」。歸納成五大類型為「插入式」、「拋摔式」、「掀翻式」、「互頂式」、「棒打式」(圖 28)。



圖 28 雄蟲和雄蟲格鬥模式

(二)雌蟲的打鬥

(1)打架的策略

雌蟲彼此間較少打架，也較溫和，從錄到雌蟲與雌蟲打架的 20 段影片，分析出雌蟲打架的招式：

表 3 雌蟲與雌蟲打架的招式、發生次數統計表

招 式	次數
以頭部互相頂撞(頭頂頭)	27
以頭部頂撞對方胸部、腹部	
用前腳互相攻擊	20
爬到對方身上壓住對方	3

雌蟲彼此會以頭部略下壓，用前額處有「些微的隆起處」的部位與對手頭部展開互相頂撞的動作(圖 29)，靠推擠比較力氣，較量誰的力量大能將對手推擠走而決定勝負。也會用頭部頂撞、推擠對手的胸部及腹部(圖 30)，以頭部發動攻擊是雌蟲打架最常出現的策略。雌獨角仙的腳也是強而有力，具有推擠的力量，也是打架過程中攻擊的部位之一(圖 31)。體型大的會以身形優勢，向前爬上對方，壓倒對方，獲得勝出(圖 32)。



圖 29 以頭部互相頂撞



圖 30 頭部頂撞對方胸部、腹部



圖 31 用前腳互相攻擊



圖 32 爬到對方身上壓住對方

(2)攻擊與被攻擊部位統計:

表 4 雌蟲攻擊部位與被攻擊部位統計表

發動攻擊部位	次數	被攻擊部位	次數
頭部	308	頭部	93
前腳	71	胸部	73
胸部	25	腹部尾端	70
中腳	14	腹部	32
後腳	12	前腳	29

雌蟲擅長以「頭部」頂、撞、推、擠、壓對手，而「頭部」也是容易被攻擊，胸部正面、腹部正面及腹部尾端也是雌蟲與雌蟲打架常被攻擊的部位。

(3)打架模式

雌蟲與雌蟲打鬥時常出現的招式，為「頭頂頭部、胸部、腹部」、「前腳攻擊」、「爬壓對手身體」，打架模式可歸納成三種類型:「頭頂式」、「腳攻式」、「爬壓式」(圖 33)。

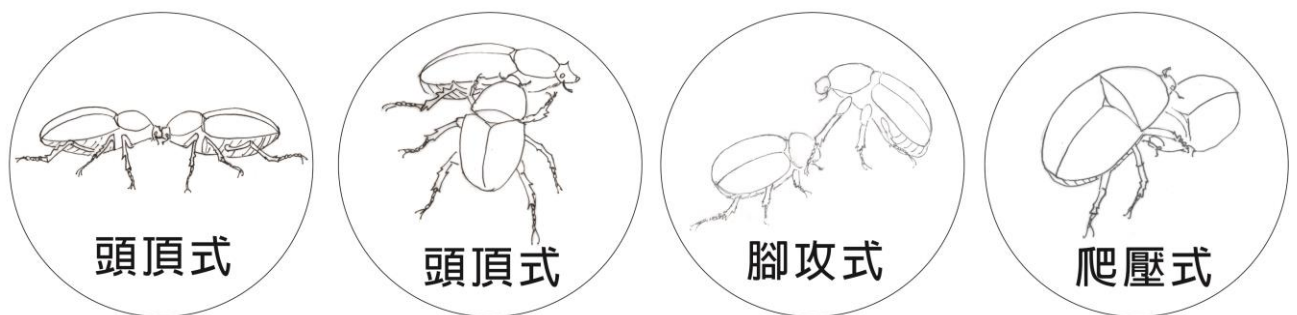


圖 33 雌蟲和雌蟲格鬥模式

(三)雄蟲與雌蟲的打鬥

(1)打架的策略

雄蟲與雌蟲彼此打架機率低，從錄到雄蟲與雌蟲打架的 17 段影片，分析出雄蟲與雌蟲打架的招式:

表 5 雄蟲與雌蟲打架的招式、發生次數統計表

打架招式	次數
雄蟲以頭角頂撞或插入雌蟲腹部尾端， 將母蟲頂開、掀翻或高舉、摔下	11
雄蟲爬到雌蟲身上壓住對方	8
雄蟲以頭角攻擊雌蟲頭、胸、腹部	7
雄蟲以頭部頂撞雌蟲頭、胸、腹部	5
雄蟲以前腳將母蟲抓起、舉高、拋下	4

雄蟲與雌蟲彼此打架較雄蟲與雄蟲打鬥溫和許多。雌蟲為弱勢一方常被雄蟲攻擊居多，而雄蟲較常攻擊雌蟲腹部或腹部尾端(圖 34、36、39)，也常爬到雌蟲身上壓住雌蟲(圖 37)，是因為對雌蟲有交配意圖，而雌蟲不願意時會逃跑。如果雌蟲不配合交配，有時雄蟲會粗暴的攻擊雌蟲，例如以頭角插入雌蟲，將母蟲頂起摔下(圖 35)。



圖 34 雄蟲以頭角插入雌蟲腹部尾端，
將母蟲頂高



圖 35 雄蟲以頭角插入雌蟲，將母蟲頂起
摔下



圖 36 雄蟲以頭角攻擊雌蟲腹部



圖 37 雄蟲爬到雌蟲身上壓住對方



(2)攻擊與被攻擊部位統計:

表 6 雄蟲攻擊部位與雌蟲被攻擊部位統計表

發動攻擊部位	次數	被攻擊部位	次數
雄蟲前腳	65	雌蟲腹部	47
雄蟲頭角	49	雌蟲腹部尾端	20
雄蟲中腳	10	雌蟲胸部	14

雄蟲攻擊母蟲時並不會一直用他威武的頭角猛烈攻擊雌蟲，而是較多使用「前腳」抓、爬、壓來對付雌蟲，一種「角」下留情，護雌蟲行為。但頭角畢竟是雄蟲最擅長的武器，當獸性大發時也會毫不留情的用頭角掀翻拋摔雌蟲(圖 35)。雌蟲腹部有生殖處尾端是交尾處，「腹部」、「尾端」是雄蟲試圖試探及交配處，因此是較多受攻擊的部位。

(3)打架模式

根據雄蟲與雌蟲打架招式、發生次數統計表發現雄蟲與雌蟲打鬥時有常出現的招式，為「頭角插入掀翻」、「爬壓母蟲」、「頭角攻擊雌蟲頭、胸、腹部」、「頭部頂撞」，打架模式可歸納為四種類型:「插掀式」、「爬壓式」、「頭角攻式」、「頭頂式」(圖 40)。



圖 40 雌蟲和雌蟲格鬥模式

伍、討論

新冠肺炎疫情期間我們飼養、觀察、紀錄、探索了獨角仙，這是一個前所未有的體驗。在去年暑假疫情三級警戒期間我們透過 Google Classroom 和線上會議 Meet 和老師進行討論及連絡。開學後在疫情二級警戒期間，我們在學校繼續分析獨角仙打架影片，克服種種困難才完成這個討論。

一、起初我們使用圓形貼紙貼在獨角仙身上是為了辨別樣本。但因為獨角仙活動力強，貼紙一下就掉落了，因此我們討論後決定以白色油性筆，在獨角仙的前胸背板處寫上編號(圖 41)，以利於觀察。



圖 41 以油性筆做記號

二、進行觀察二時，編號 2-6 雌獨角仙在進行第一次打架機率觀察時(6/23)死亡了。推測這隻雌獨角仙是在抓回時已在野外交配過了。交配後的雌獨角仙會一直有躁動的行為，像是鑽來鑽去、爬來爬去，原因是因為牠們想找適合產卵的地方，但在容器中並無恰當地方產卵，所以才會想跑出去。因此交配後的雌獨角仙較容易因躁動而提早死亡。

三、有同學是第一次飼養獨角仙，因為不敢抓獨角仙，大家互相分享如何抓獨角仙。獨角仙力氣大，抓牠們的時候，要小心不要碰到腳上的刺，使用手套可保護手。抓雄獨角仙訣竅是用手捏住胸角(圖 42)。雌獨角仙較難抓，容易躁動、掙脫，可從牠的體側抓(圖 43)，而且是抓前腳和中腳的中間(圖 44)，獨角仙最多只會用腳踢。若是抓前腳處則容易被獨角仙抓傷。



圖 42 抓雄獨角仙方式



圖 43 抓雌獨角仙方式

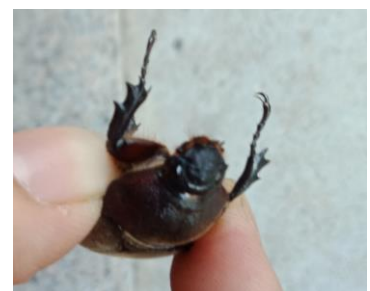


圖 44 抓雌獨角仙方式

四、飼養期間歷經了幾隻獨角仙死亡的情形。獨角仙羽化成蟲後大約只有短短兩個月的壽命，如果是五月成蟲，大約在七月就結束牠短暫的一生了。另外為了確定是否還有獨角仙的蹤跡，老師於七月十日再度到南投縣竹山鎮木屐寮生態園區的光臘樹尋找，在光臘樹下看到一堆壽命結束的獨角仙軀體，可見這區的獨角仙已是在季末階段了。我們將死亡的獨角仙埋葬在土裡，讓牠的身體回到泥土裡，成為下一代的養份。而有的同學說要將相處一個月的獨角仙製作成標本。

五、雄雌獨角仙有時會因交配行為引起打架。本研究描述的打架行為也包括交配前的肢體碰觸，也就是進行交配時會有碰觸的行為，也當成打架紀錄。在觀察雄獨角仙、雌獨角仙打架機率時，有的雄獨角仙與雌獨角仙竟然在兩分鐘內就交配了。雄獨角仙爬至雌獨角仙上方，用前腳的脛節與跗節壓在雌獨角仙前翅上方，中腳壓在雌獨角仙前翅，中部末端的爪子抓住雌獨角仙前翅下方邊緣，前腳與後腳爪子緊緊抓著果凍臺，嘴部和觸角搖動不停，輕撫著雌獨角仙，接著震動著身體並將腹部的交尾器插入雌獨角仙腹部裡進行交配(圖 45)，這是牠們一生重要的使命——繁殖後代。



圖 45 交配與交尾器

六、雄獨角仙打架時叫聲和雌獨角仙叫聲有差異。在觀察的過程中抓雌獨角仙時，牠會發出「嘶、嘶、嘶」的聲音，這是因為雌獨角仙生氣時發出的叫聲，這種叫聲是由腹部摩擦鞘翅發出的聲音。獨角仙會發聲，這是一種警戒的作用，當他感受到有外敵時，警告「不要靠近我」。而雄獨角仙在打鬥時也會收縮腹部發出「噤、噤、噤」示威聲，我們觀察到雌獨角仙叫聲較大聲、雄獨角仙較少發聲。

七、在進行打架機率觀察時，有同學反應在晚上三個時段，兩分鐘內皆沒看到獨甲仙打架。經過討論推測可能原因為:兩分鐘的觀察時間太短了，導致沒看到發生打架、這三個時段並非他們活力顛峰時間、另外一個可能的原因是在光臘樹上活動的獨角仙可能不是夜行性昆蟲，此證明來自日本的研究發現獨角仙確實會在大白天在光臘樹進行覓食

及交配等活動。因此在進行打架錄影時我們在白天及夜晚也都同時觀察著，後來分別在上午、中午、下午及深夜、凌晨甚至清晨等時段(非此次研究觀察時間)皆有錄到獨角仙打架的畫面。建議未來可將兩分鐘的觀察時間加長，例如將觀察時間延長到二十四小時，或許可以真正了解獨角仙打鬥的狀況。

八、本研究結果中雄蟲與雌蟲彼此打架機率最低，只要無特別狀況，雄蟲不會攻擊雌蟲，反而還會保護雌蟲。雌蟲為什麼被雄蟲攻擊?推測可能原因為雌蟲不想和雄蟲交配而被雄蟲攻擊、雄蟲遇到不喜歡的雌蟲而攻擊雌蟲、當雄蟲想和喜歡的異性交配時，若有第三者雌蟲來打擾亦會遭受雄蟲攻擊。

九、雄蟲與雌蟲打架時以雌蟲被攻擊居多，原因為雄蟲想交配或者搶奪果凍。雄獨角仙有時會強迫雌獨角仙進行交配，如果雌獨角仙不願意，雄獨角仙會用頭角頂撞雌獨角仙腹部尾端、意圖交配。雌蟲也會反擊雄蟲，其招式為爬到雄蟲上壓制雄蟲(圖 46)，但會被雄蟲頭角頂翻、雌蟲沒有武器，但會用腳攻擊雄蟲，因為體型屬於弱勢方，要贏實屬不易。



圖 46 雌蟲攻擊雄蟲

十、頭角是打鬥時經常出現的武器，優勢在「長」、「上揚」且構造特殊有「分岔」，能以此優勢對抗對手，胸角構造「短」且「下彎」不利於戰鬥，偶爾見到「胸角」頂「胸角」(圖 47)，但對於打鬥並無幫助，只是較量力氣頂推對方。而長長的頭角分岔處頂胸角則對打鬥較有利。



圖 47 「胸角」頂「胸角」

十一、格鬥時雌雄有別，雄蟲與雄蟲戰況激烈，雌蟲與雌蟲打鬥溫和，共同點為力氣的較量，力氣大則能勝出。別小看獨角仙體型雖小，雄獨角仙頭部的巨型頭角，竟可以抬起比自己體重還要重 100 倍的物體。本研究沒考量到體型大小是否會影響獨角仙的打鬥，雖然雄獨角仙看起來愛打鬥，但我們有觀察到有些獨角仙，會在面臨打鬥衝突前，牠們會先評估衡量，若是體型差異大，弱小一方會打退堂鼓，自行退到角落；即使兩隻雄獨角仙體形差不多也會衡量，若是一方頭角比較短小的話，也不會硬碰硬，牠們懂得適時判斷，保護自己，所以在觀察獨角仙的打鬥時會發現一方想打架，另一方則逃避。因此個體的大小差異是否會影響打架的模式?可能是個有趣的實驗，是未來值得研究的方向。

陸、結論

- 一、雄、雌獨角仙都會打架。在本研究觀察的時段中晚上七點到十點間雄蟲與雄蟲打架機率最高，雌蟲與雌蟲打架機率次之，而雄蟲與雌蟲打架機率最低。九點到十點間獨角仙打鬥的機率高於七點到八點與八點到九點的時段，是可以進行觀察獨角仙打鬥的熱點。
- 二、獨角仙擅長以頭部獨特構造部位攻擊對手。雄蟲攻擊以「頭角」為主；雌蟲擅長以「頭部」攻擊對手，較量力氣。
- 三、「角」是雄獨角仙的武器，戰術運用各有巧妙不同。雄蟲與雄蟲打鬥主要靠「頭角頂端」。雄蟲常以頭角頂端趁機插入對手身體下方翹起、掀翻、高舉、拋下，並會以「頭角」頂「頭角」或以頭角「分岔處」卡住對手「胸角」或「頭角中段」較量力氣，而頭角「中段」互打互壓也能連戰許久。頭角是雄蟲打鬥攻擊最強武器，也是被攻擊最多的部位。雄蟲與雄蟲打鬥模式為「插入式」、「拋摔式」、「掀翻式」、「互頂式」、「棒打式」。
- 四、雌蟲與雌蟲打鬥擅長以頭部頂、撞、推、擠方式攻擊雌蟲，而雌蟲頭部也是最常被攻擊的部位。雌蟲間打鬥模式為「頭頂式」、「腳攻式」、「爬壓式」。
- 五、雄蟲攻擊雌蟲以前腳部位最多，其次是頭角，最常攻擊雌蟲腹部。雄蟲與雌蟲打鬥模式為「插掀式」、「爬壓式」、「頭角攻式」、「頭頂式」。

柒、參考文獻資料

- 一、 國小自然與生活科技四下康軒出版社 教學指引 108 年 2 月修訂版。
- 二、小牛頓編輯部(主編) (2013)。孔武有力的黑將軍-獨角仙。臺北市:小牛頓科學教育。
- 三、安永一正(2009)。大力士獨角仙。新北市:遠足文化。
- 四、松岡達英(2011)。獨角仙在哪裡?。臺北市: 青林國際。
- 五、The New Lens 關鍵評論(2021)。地表最強「自由研究」！日本小學生以第一作者發表獨角仙論文。取自 <https://www.thenewslens.com/article/150395>。

【評語】 080316

本研究探討獨角仙格鬥模式，對於甲蟲的打架行為進行觀察與描述，歸納出雄蟲與雄蟲、雄蟲和雌蟲、雌蟲和雌蟲之間不同的打架策略具有規則戰術，透過精緻細微手繪圖和生動文字敘述，將獨角仙打架招式仔細記錄，詳盡分析。雄蟲與雄蟲的打架攻擊可能是求偶競爭使然，而雄蟲與雌蟲的打架可能是求偶前的行為，兩者在研究中很明顯可以從打架的行為與時間區分出來。整體的打鬥行為分類及量化分析做得很好，顯示研究者的用心。研究團隊亦能分工合作，值得鼓勵。

建議：

1. 架設縮時攝影機延長觀察時間，可以貼近真實情況，提高科學性。
2. 不同觀察者所記錄的打鬥機率變異很大，建議可以將其中原因進行探討。
3. 若加入科學統計分析，可更清楚了解組別設計間的差異。
4. 可惜的是此作品較缺乏提出較有創意的科學性問題而研究之。建議可以實驗設計多種變因探討打鬥，例如體型大小、頭角長度對打鬥勝負影響，或者基於目前所得到的結果好好思考較深入的問題及如何利用操作型實驗設計來探討，則作品會更具深度。

作品簡報

國小組生物科



以「獨」攻「獨」

探討獨角仙的格鬥模式

研究動機、目的、對象

下課時，聽著同學開心地談論著雄獨角仙放在飼養箱裡會打鬥起來，令我十分好奇，除了雄與雄獨角仙會打架，雌與雌、雄與雌的獨角仙會打架嗎?時常打架嗎?獨角仙擅長用哪個部位打架的?打鬥時有擅長的招式嗎?

研究目的

觀察獨角仙的身體構造

分析獨角仙打架機率

觀察獨角仙打架的行為

探討獨角仙打架的模式

研究對象

南投縣竹山鎮木屐寮生態
園區的光蠟樹上獨角仙

台灣亞種(tunobosonis)
學名 *Allomyrina dichotomus*



雄蟲10隻



雌蟲10隻

研究過程與方法



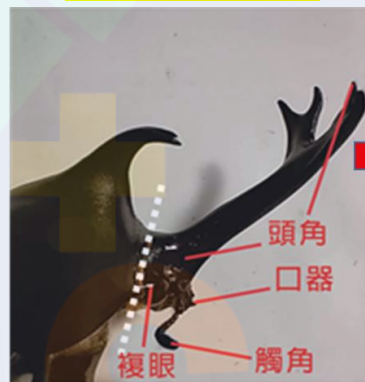
研究結果

實驗一：獨角仙飼養觀察

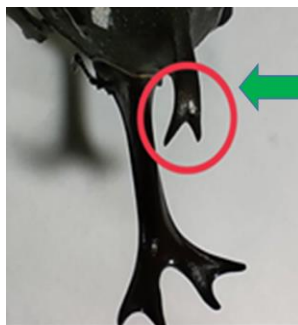
身體構造名稱



頭部構造



胸部構造

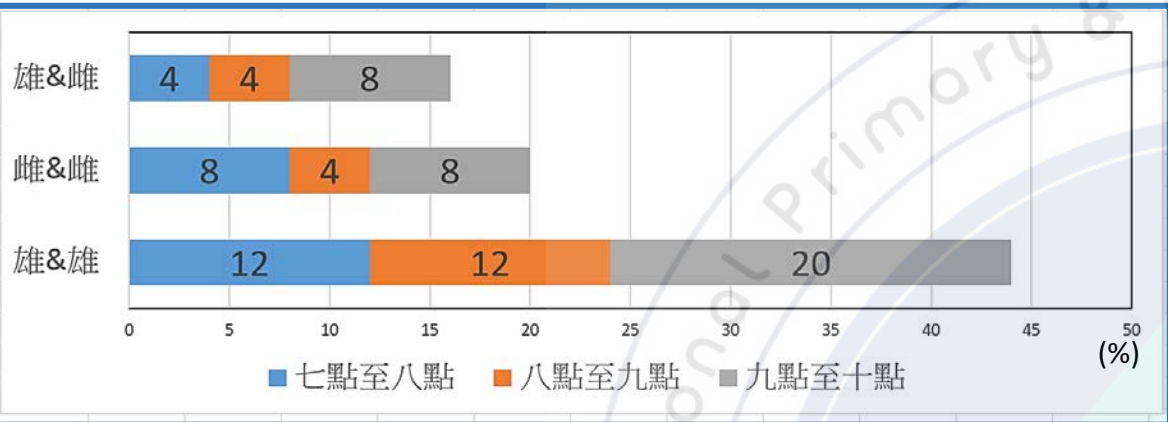


腳部構造



實驗二：獨角仙的打架機率

頭角頂端



實驗三：觀察獨角仙的打架行為

雄蟲與雄蟲的打鬥

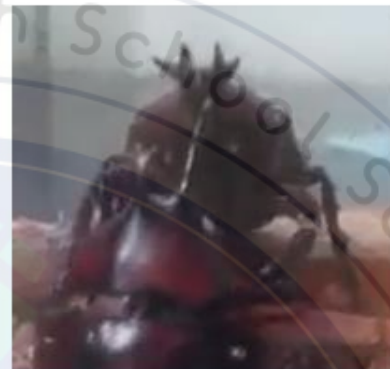
分析30段影片

打架部位	招 式	次數
★ 頭 角 頂 端	用頭角插入對手身體下方，將對手頂起拋摔、掀翻	33
	用頭角頂端將對手頂開、頂翻、鏟起、碰撞	32
	用頭角互頂、互推、對峙、威嚇	17



雄蟲與雄蟲的打鬥

打架部位	招 式	次數
頭角分岔處	頂對手 胸角 ，將對手頂開、掀翻	15
	頂對手 頭角中段	6
	頂對手頭角分岔處	2
頭角中段	頭角中段彼此互壓、互打、碰撞	22



頭角分岔處頂對手「胸角」互推

頭角分岔處



頭角分岔處頂頭角中段

頭角中段



頭角中段互打。



頭角中段打對手胸部。



頭角中段互壓。

攻擊與被攻擊部位統計

發動攻擊部位	次數	被攻擊部位	次數
頭角頂端	233	頭角頂端	84
頭角中段	70	頭角中段	62

雌蟲與雌蟲的打鬥

分析20段影片

招 式	次數
以頭部互相頂撞(頭頂頭)	27
以頭部頂撞對方胸部、腹部	
用前腳互相攻擊	20
爬到對方身上壓住對方	3



以頭部互相頂撞。



頭部頂撞對方胸部、腹部。



用前腳互相攻擊。



爬到對方身上壓住對方。

攻擊與被攻擊部位統計

發動攻擊部位	次數	被攻擊部位	次數
頭部	308	頭部	93
前腳	71	胸部	73

雄蟲與雌蟲的打鬥

分析17段影片

打架招式	次數
雄蟲以頭角頂撞或插入雌蟲腹部尾端，將雌蟲頂開、掀翻或高舉、摔下	11
雄蟲爬到雌蟲身上壓住對方	8
雄蟲以頭角攻擊雌蟲頭、胸、腹部	7
雄蟲以頭部頂撞雌蟲頭、胸、腹部	5
雄蟲以前腳將雌蟲抓起、舉高、拋下	4



雄蟲以頭角插入雌蟲腹部尾端，將母蟲頂高



雄蟲以頭角插入雌蟲，將母蟲頂起摔下



雄蟲以頭角攻擊雌蟲腹部



雄蟲爬到雌蟲身上壓住對方



雄蟲以頭角攻擊雌蟲頭部



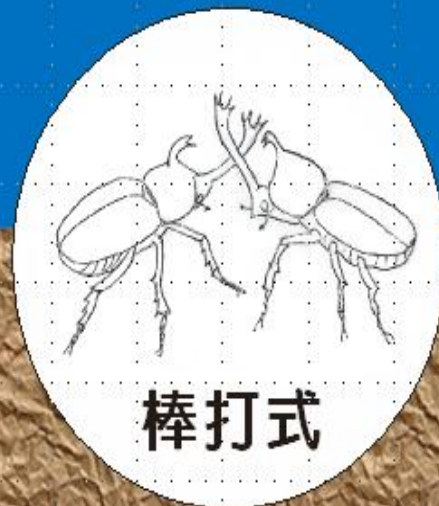
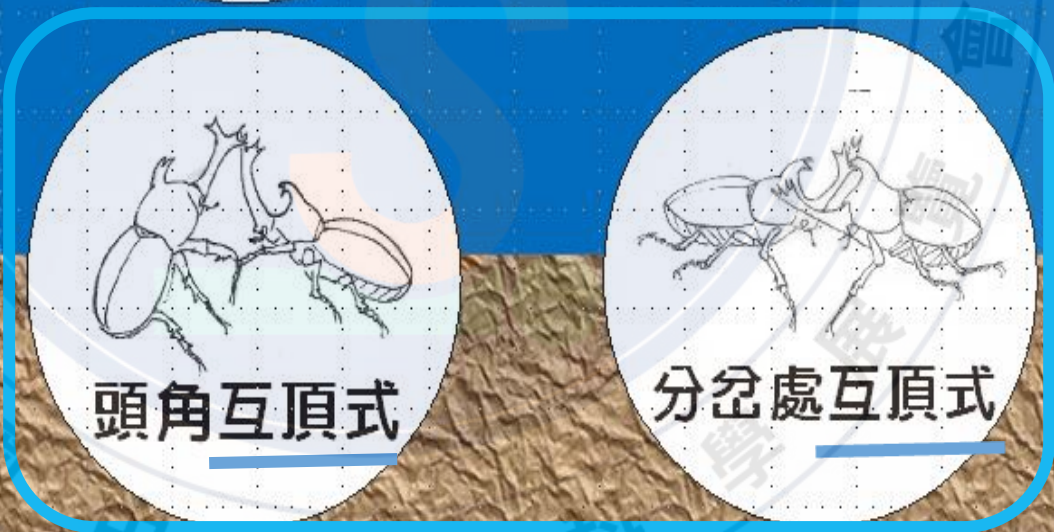
雄蟲以頭部頂撞雌蟲腹部

攻擊與被攻擊部位統計

發動攻擊部位	次數	被攻擊部位	次數
雄蟲前腳	65	雌蟲腹部	47
雄蟲頭角	49	雌蟲腹部尾端	20

實驗四：獨角仙的打架模式

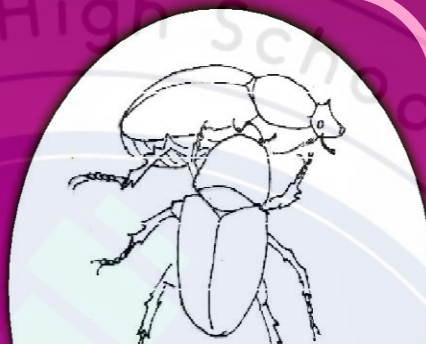
雄蟲與雄蟲
打鬥模式



雌蟲與雌蟲
打鬥模式



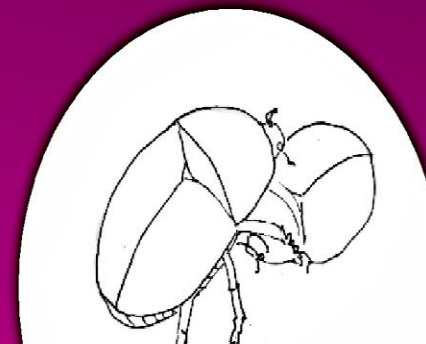
頭頂式



頭頂式

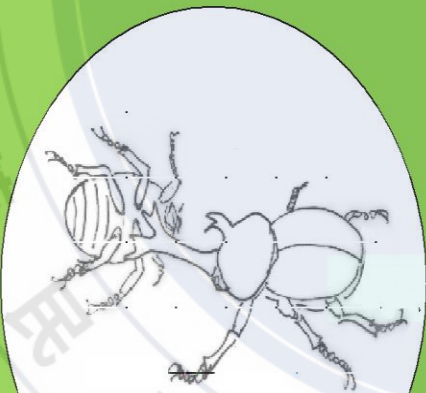


腳攻式

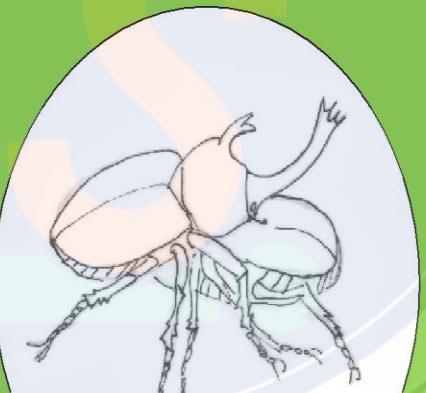


爬壓式

雄蟲與雌蟲
打鬥模式



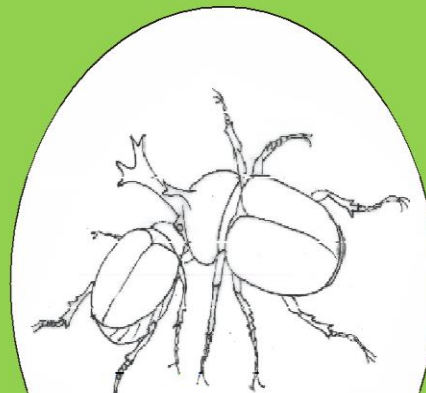
插掀式



爬壓式



頭角攻式



頭頂式

討論

三個時段，兩分鐘內皆沒看到獨角仙打架

推測: ▲ 兩分鐘的觀察時間太短了
▲ 這三個時段並非他們活力顛峰時間
▲ 光臘樹上活動的獨角仙可能不是夜行性昆蟲

建議

可將兩分鐘的觀察時間加長，例如可將觀察延長到二十四小時，或許可以真正了解獨角仙打鬥的狀況。

交配前的肢體碰觸算打架?

獨角仙有時會因交配行為引起打架。本研究描述的打架行為也包括交配前的碰觸行為，也當成打架紀錄。

打鬥時頭角與胸角哪個有利?

- ▲ 頭角優勢在「長」、「上揚」有「分岔」有利。
- ▲ 胸角「短」、「下彎」不利於戰鬥。
- ▲ 「胸角」頂「胸角」，對打鬥無幫助，是較量力氣頂推
- ▲ 長長「頭角分叉處」頂「胸角」則有利打鬥



本研究值得進一步評估:

體型大小是否會影響獨角仙的打鬥? 有些獨角仙，面臨打鬥前會先評估，若是體型差異大，弱小一方會打退堂鼓，自行退到角落邊；即使兩隻雄獨角仙體形差不多也會衡量，若是一方頭角比較短小，也不會硬碰硬，所以觀察獨角仙打鬥時發現一方想打架，另一方則逃避。

★★★ 個體的大小差異是否會影響打架的模式?可能是個有趣的實驗，是未來值得研究的方向。

結 論

- 一、本研究觀察的時段中，發現晚上九點到十點間獨角仙打鬥的機率高於七點到九點，所以**晚上九點到十點是可進行察獨角仙打鬥的熱點。**
- 二、獨角仙擅長以**頭部**獨特構造攻擊對手。雄蟲攻擊以「**頭角**」為主；雌蟲擅長以「**頭部**」攻擊對手，較量力氣。
- 三、雄蟲與雄蟲打鬥主要靠「**頭角頂端**」。雄蟲常以頭角頂端插入對手身體下方翹起、掀翻、高舉、拋下，並以「**頭角**」頂「**頭角**」或以頭角「**分叉處**」卡住對手「**胸角**」或「**頭角中段**」較量力氣，而頭角「**中段**」互打互壓能連戰許久。打鬥模式有「**插入式**」、「**拋摔式**」、「**掀翻式**」、「**互頂式**」、「**棒打式**」。
- 四、雌蟲與雌蟲打鬥擅長以頭部頂、撞、推、擠方式攻擊對手，而雌蟲頭部也是最常被攻擊的部位。雌蟲間打鬥模式為「**頭頂式**」、「**腳攻式**」、「**爬壓式**」。
- 五、雄蟲攻擊雌蟲以前腳部位最多，其次是頭角，最常攻擊雌蟲腹部。雄蟲與雌蟲打鬥模式為「**插掀式**」、「**爬壓式**」、「**頭角攻式**」、「**頭頂式**」。