

中華民國第四十四屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組生物科

080320

高雄縣烏松鄉大華國民小學

指導老師姓名

陳立明

邱威蕙

作者姓名

鄭皖文

戴敬文

林巧雯

蘇宥云

張哲維

目錄

目錄.....	1
壹. 摘要	2
貳. 研究動機	2
參. 文獻探討	2
肆. 研究目的	3
伍. 實驗器材與材料	3
陸. 研究方法	4
柒. 結果	5
捌. 討論	13
玖. 結論	14
壹拾. 參考資料	14
拾壹. 附錄.....	16

壹. 摘要

黃斑黑蟋蟀有六種不同類型的唧聲，分別為夜晚呼喚、不定時呼喚、近距離求偶、遠距離求偶、長敵對聲及短敵對聲。黃斑黑蟋蟀分別有「黑龍仔」及「紅羌仔」二種品系(民 91，楊正澤)。比較兩者之間的聲音特性，紅羌仔在大多數聲音類型中的聲音頻率普遍比黑龍仔稍高。另外，針對夜晚呼喚聲、求偶聲、敵對時的唧聲進行播放實驗。從播放夜晚呼喚聲的實驗發現夜晚呼喚聲應該具有吸引母蟀注意或接近的功能。而求偶聲播放實驗結果發現，母蟀可能有對同品系公蟀的交配偏好。從播放打鬥時叫聲實驗結果發現，聽到打鬥聲最易引發敵對事件，但求偶聲也有引發敵對事件的可能。勝利後發出的叫聲應該有宣告地位的功能。

貳. 研究動機

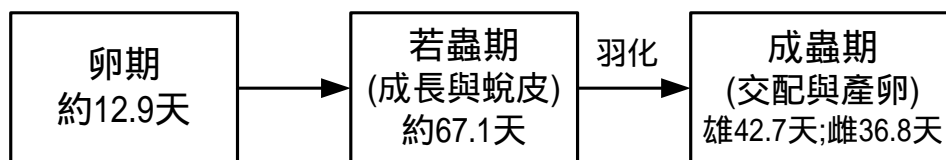
春節回鄉下過年時，一到晚上總傳來陣陣的唧唧聲，問爸爸那是什麼聲音，爸爸笑著說：「那是蟋蟀的聲音呀！古時候的人經常玩著鬥蟋蟀的遊戲呢！」「哦！是我們四年級『校園的昆蟲』所提到的蟋蟀嗎？」於是開始到蒐集查閱有關蟋蟀的資料。原來，常見的鬥蟋蟀是屬於黃斑黑蟋蟀，而且蟋蟀們的叫聲並不只一種啊！那麼到底其他種聲音是怎麼樣的呢？於是，回到學校，請自然老師指導我們進行一系列蟋蟀聲音的研究。

參. 文獻探討

一、黃斑黑蟋蟀是屬於直翅目地蟋蟀科，從體色可以分為兩種，一種是胸、足與前翅皆為黑色的黃斑黑蟋蟀，俗稱「黑龍仔」；另一種則是胸、足與前翅帶有紅褐色的黃斑黑蟋蟀，俗稱「紅羌仔」(民 91，楊正澤)。

二、生活史與成蟲的形態特徵

從楊平世教授(民 83)及林幼淳等(民 90)的研究，我們也可以知道黃斑蟋蟀的生活史及外部形態。生活史從卵開始大致分為卵期(約 12.9 天)、若蟲期(共九齡或十齡, 共計 67.1 天)與成蟲期(雄蟲約 42.7 天;雌蟲約 36.8 天)，一個世代約三、四個月，如下圖所示：



圖一、蟋蟀的生活史

成年雌雄蟲的形態特徵明顯不同，在腹末特徵上，雄蟲只見尾毛及束狀後翅末端，而雌蟲除了尾毛及束狀後翅末端外，另具長柄狀的產卵管。此外，雄蟲在前翅脈紋曲折，可見彈器及弦器等發音器，而雌蟲脈紋平直，無發音器(附錄一, 圖十七)。因此，只有成年雄蟲會鳴叫，雌蟲不會。因為生活史及外觀特徵已經從許多文章中得知，因此我們直接研究成年蟋蟀的鳴叫聲與行為。

三、聲音類型的歸納

我們整理了四篇與黃斑蟋蟀有關的文獻，歸納了對於蟋蟀鳴叫聲音描述的主要發現，如表一：

表一、蟋蟀聲音相關文獻的整理

文 獻 名 稱	對於聲音類型的主要發現
唧唧！唧！蟀歌知多少？ (民 90, 林幼淳等)	黃斑蟋蟀(紅羌仔)主要有三種唧聲：1. 呼喚聲 2. 求偶聲 3. 攻擊聲。
黑蟋蟀之生活史及若、成蟲行為之觀察 (民 83, 楊平世等)	黑蟋蟀的發音方式，因目的的不同而有三種主要聲音：1. 呼朋引伴聲，2. 打鬥聲，3. 求偶聲。
台灣閩魔蟋蟀的聲音分析 (民 79, 周延鑫等)	台灣閩魔蟋蟀可以發出五種不同型式的聲音：第 1. 2. 3 型的呼喚叫聲，求偶性叫聲與攻擊性叫聲。
喜歡獨奏的樂者—蟋蟀 (民 83, 小牛頓)	黃斑黑蟋蟀有五種不同的叫聲：1. 呼喚 2. 攻擊 3. 求偶 4. 交配 5. 交配後

從這些文獻資料，我們發現專家學者對於黃斑黑蟋蟀有幾種不同的鳴叫聲音看法並不一致，所以，我們更想知道黃斑黑蟋蟀到底有幾種不同類型的聲音？而不同品系的黃斑黑蟋蟀聲音有差異嗎？因此我們訂出以下幾個研究目的。

肆. 研究目的

一、黃斑黑蟋蟀聲音類型及行為研究：

- (一) 探討黃斑黑蟋蟀的聲音類型及其發聲時的行為情境。
- (二) 探討不同品系(黑龍仔與紅羌仔)聲音特性的差異。

二、播放測試(檢驗功能性)

- (一) 公蟋蟀的呼喚聲有吸引母蟀靠近的功能嗎？
- (二) 公蟋蟀的求偶聲是否有近距離吸引母蟀的功能？
- (三) 打鬥叫聲是否易引發敵對事件？
- (四) 勝利叫聲是否有宣告地位的功能？

伍. 實驗器材與材料

一、器材設備

鏟子、水桶、手電筒、尺、數位相機、飼養箱、長 30cm*寬 20cm*高 25cm 實驗箱、標籤紙、土壤、小片木板、牙籤、蕃薯、木瓜、高麗菜、錄音機(Panasonic RQ-L31)、錄音帶、Sony D8 數位攝影機、D8 錄影帶、Syrinx 聲音分析軟體(Burt, 2003)(註一)、對錄線、假蟋蟀、筆記型電腦、喇叭等。

二、研究對象

表二、本實驗所採用的研究對象，備註說明取得方式。

品系	數量	備註
黃斑黑蟋蟀 (紅羌仔)	成年雄性 12 隻, 成年雌性 6 隻 若蟲 6 隻	1. 從快樂、山水水族館購得 2. 若蟲挑選已有側芽的 7~9 齡若蟲
黃斑黑蟋蟀 (黑龍仔)	成年雄性 5 隻, 成年雌性 2 隻, 若 蟲 2 隻	野外捕捉 (住家附近公園、空地)

陸. 研究方法

一、基本實驗設計

(一) 研究對象蒐集

在魚店購得的黃斑黑蟋蟀都為體色偏紅褐色的品種，俗稱“紅羌仔”，共約二十隻。利用傍晚放學後或晚上時間，至住家附近公園及空地，捕捉到野生的黑龍仔黃斑黑蟋蟀。此外，也順便錄到在人行道石縫中鳴叫的家蟋蟀的夜晚呼喚聲。

(二) 佈置蟋蟀的家

1. 將自學校菜圃邊挖起的土壤，用酒精燈加熱烤過後，鋪在飼養箱內，土壤高度約 2-3 公分。在飼養箱設置小片木板，及空罐子一個，以便蟋蟀們躲藏。
2. 公蟋蟀單獨飼養，其餘母蟋蟀或若蟲蟋蟀分別集體飼養。

(三) 每天早上，將水果或蔬菜切成小塊，串在牙籤上，插至土壤上。每天早上更換一次，以免蟋蟀們吃到不新鮮的食物。

(四) 成年公蟋蟀特徵記錄及命名

測量記錄公蟋蟀之體長(不含觸角)、前翅長、翅寬及外型特徵，並用數位相機拍下，再根據其外型特徵命名(見附錄一)，用標籤紙標示於飼養箱上。

二、蒐集並記錄公蟀發聲的情形

(一) 訂定行為代號，行為代號如附錄二所示，以方便快速記錄。

(二) 每次針對一隻公蟋蟀，觀察記錄其獨處時、及與成年母蟀或 2 隻成年公蟀共處時的聲音行為，當發出叫聲時，用 D8 拍攝或用錄音機錄音，並記錄相關資訊。

(三) 錄音距離在 0.5 公尺以內。

(四) 將所錄到的聲音，透過聲音分析軟體 Syrinx，轉成頻譜圖(註二)，測量它的聲音特性(註三)。

三、根據測得的資料，比較不同品系(黑龍仔與紅羌仔)聲音特性的差異

四、播放測試的實驗設計

(一) 探討公蟋蟀的呼喚聲有吸引母蟀靠近的功能嗎?

1. 在實驗箱中，放置一隻母蟋蟀。待母蟋蟀較為適應，並背對喇叭時，在相距母蟋蟀 3 公尺處，放置假蟋蟀。
2. 在假蟋蟀後方分別播放同品系或不同品系公蟀（實驗組）及家蟋蟀（對照組）的夜晚呼喚聲 3 分鐘，其間觀察記錄母蟋蟀的反應。（進行播音實驗時，音量都固定為 Vol. 8）

（二）公蟋蟀的求偶聲是否有近距離吸引母蟀的功能？

1. 在實驗箱中，放置母蟋蟀，在相距約 15 公分另一邊放置假蟋蟀。
2. 在假蟋蟀後方持續播放同品系或不同品系公蟀的求偶聲 3 分鐘，觀察記錄母蟋蟀的反應。

（三）打鬥叫聲是否會易引發敵對事件？

1. 在實驗箱中，中間用隔板隔開，兩側放置一隻成年公蟋蟀，待其適應彼此，沒有產生敵對示威的行為，才進行播放。
2. 分別播放所蒐集到的打鬥叫聲、求偶聲、呼喚聲，及不播放任何聲音（作為對照組），每次播一種持續 3 分鐘，觀察並記錄二隻公蟀的反應。

（四）勝利叫聲是否有宣告地位的功能？

1. 在實驗箱中，放置二隻成年公蟋蟀。待發生打鬥事件後，而勝利蟋蟀於原地發出勝利叫聲時，立即播放其他蟋蟀勝利叫聲，觀察記錄勝利蟋蟀的反應。

柒. 結果

一、黃斑黑蟋蟀的聲音類型及其發聲時的行為情境

我們總共蒐集到 86 個聲音事件，透過 Syrinx 聲音分析軟體轉換成頻譜圖。本研究總共分析了 1256 個聲音單位，我們根據這些聲音單位的頻譜特徵，及所其當時鳴叫的情境，可將聲音分為六大類，並且將六種聲音類型的聲音特性整理於表三，如下：

表三、六種聲音類型之聲音特性整理

聲音類型	統計個數	出現最高頻率 (kHz)	出現最低頻率 (kHz)	平均頻率範圍 (kHz)	重音頻率帶之平均最高頻率 (kHz)	重音頻率帶之平均最低頻率 (kHz)	重音頻率平均 (kHz)	聲音長度平均 (s)	聲音間隔平均 (s)	音節平均 (個)
夜晚呼喚聲	443	19.52	0	8.65	5.93	5.04	5.48	0.21	0.21	3.92
不定時呼喚聲	59	13.03	4.62	6.7	6.17	5.4	5.78	0.23	0.47	2.25
近距離求偶	351	21.7	3.64	9.46	10.7	8.41	9.55	0.04	0.23	1.715
遠距離求偶	63	21.93	3.89	10.67	5.88	4.72	5.3	0.13	0.13	1.9
長敵對聲	72	21.99	0	14.8	5.93	4.89	5.41	0.48	0.79	9.93
短敵對聲	268	21.93	0	8.76	5.86	4.97	5.41	0.25	0.33	3.87

(一) 夜晚呼喚聲

1. 發聲情境

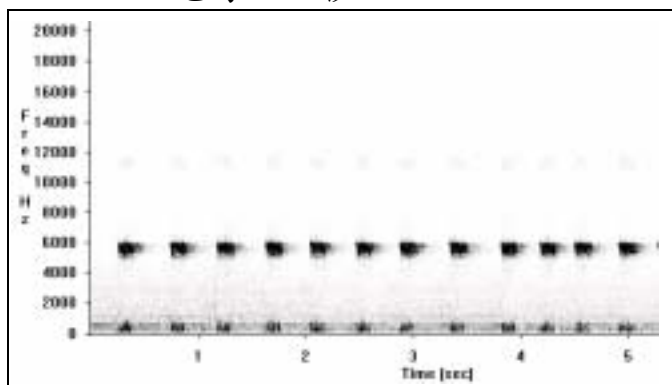
通常發生於夜晚單獨的公蟀，沒有對特定對象，所發出的規律間隔且宏亮的唧聲，此叫聲可以持續相當久，甚至叫一整夜到隔日清晨。

2. 發聲的當時行為模式

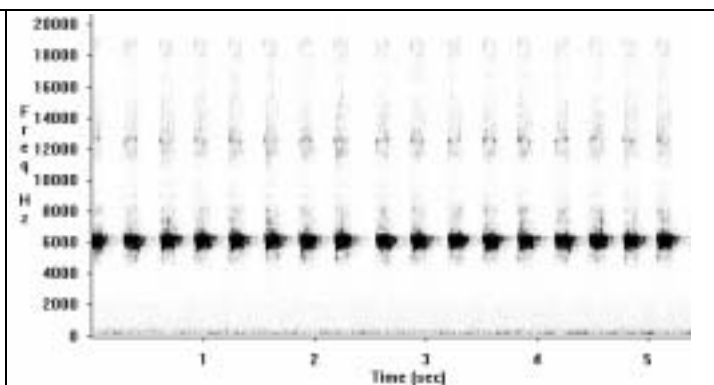
此時，公蟀不再移動位置，腹部略為下傾，前腳站於較高處，觸角左右張開約 100 度不動，前翅與腹部夾角約 60 度摩擦發聲(附錄三)。

3. 聲音特性分析(表三、圖二、三)

出現的最高頻率為 19.52kHz，最低頻率為 0 kHz(頻譜圖的底線)，平均頻率範圍約 8.65kHz，重音頻率帶約在為 5.93~5.04 kHz 間，平均重音頻率在 5.48kHz，一個聲音單位平均由 3.92 個小音節組成，長度約 0.21 秒，每個聲音單位間隔時間也為 0.21 秒。



圖二、黑龍仔(大尖斑)夜間呼喚聲之聲音序列



圖三、紅羌仔(大肚)夜晚呼喚聲之聲音序列

(二) 不定時呼喚聲

1. 發聲情境

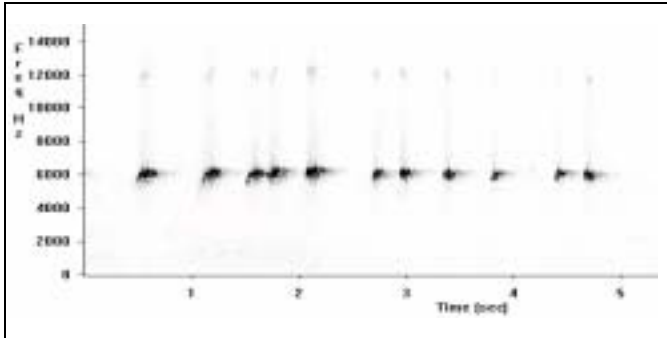
通常發生於白天單獨的公蟀，鳴叫的時刻很不固定，一個聲音序列持續時間也很短(約 3~5 秒)，音量較低，常來不及錄到，由於附近也沒有特定對象，聲音間隔不如夜晚呼喚聲規律，因此另分為不定時呼喚聲。

2. 發聲的當時行為模式

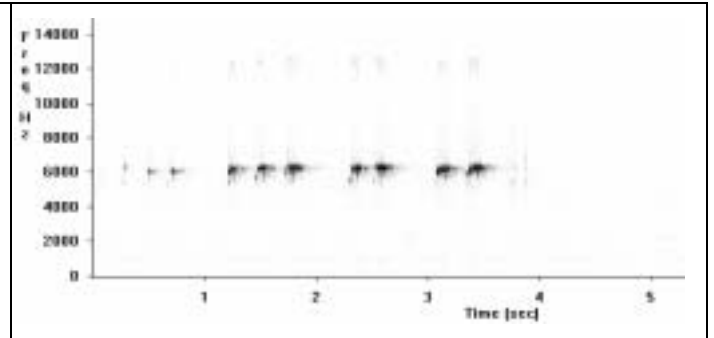
公蟀發出此種聲音時，時而伴隨走動，前翅舉翅約 30 度，微微分開摩擦幾聲。

3. 聲音特性分析

從圖四、圖五及表三，不定時呼喚聲聲音單位出現的最高頻率為 13.03 kHz，最低頻率為 4.62 kHz，平均頻率範圍約 6.70 kHz，重音頻率帶約在為 6.17~5.40 kHz 間，平均重音頻率在 5.78 kHz，一個聲音單位平均由 2.25 個小音節組成，長度約 0.23 秒，每個聲音單位間隔時間平均為 0.47 秒。



圖四、黑龍仔(大黃斑)不定時呼喚聲聲音序列



圖五、紅羌仔不定時呼喚聲聲音序列

(三) 近距離求偶聲

1. 發聲情境

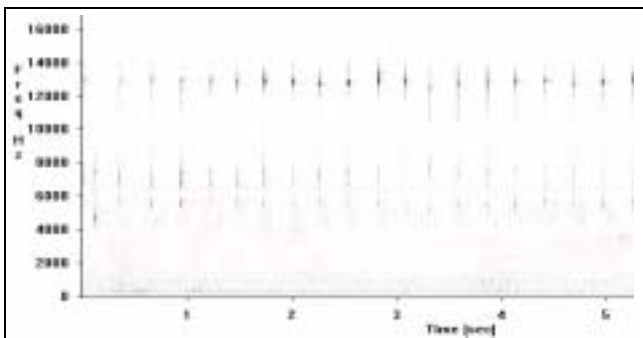
發生在成年公蟀身旁有成年母蟀時，通常與母蟀相距僅在 1~5 公分左右，所進行一系列的求偶過程中。

2. 發聲的當時行為模式

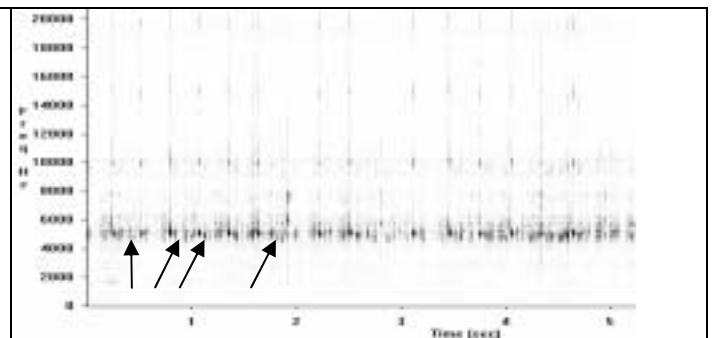
公蟀當發現母蟀欲進行求偶時，會用觸角朝前向母蟀晃動，母蟀若沒有離開或拒絕，公蟀便開始求偶，將前翅僅中央略為拱起約 10 度，呈彎曲狀互相摩擦，配合著身體前後搖動，發出近距離求偶聲—「吱！吱！吱！」。之後，轉向背對母蟀，並持續發出近距離求偶聲，身體仍前後搖動，並逐漸後退且腹部放低靠近母蟀，此時，母蟀有時也會主動爬到公蟀的身上，開始進行交尾。

3. 聲音特性分析(如圖六、七，表三)

近距離求偶聲是一種短促尖銳的聲音，有時一個聲音單位前會有翅膀開合時摩擦的雜音(通常是紅羌仔)，一個聲音單位僅約 0.04 秒，一個聲音單位平均由 1.72 個小音節組成。出現的最高頻率為 21.68 kHz，最低頻率為 3.83 kHz，平均頻率範圍約 9.46 kHz。



圖六、黑龍仔(小小黃斑)近距離求偶聲音序列



圖七、紅羌仔(左鬚短)近距離求偶聲音序列，每個聲音之前有翅膀開合時摩擦的雜音(如→所示)

(四) 遠距離求偶聲

1. 發聲情境

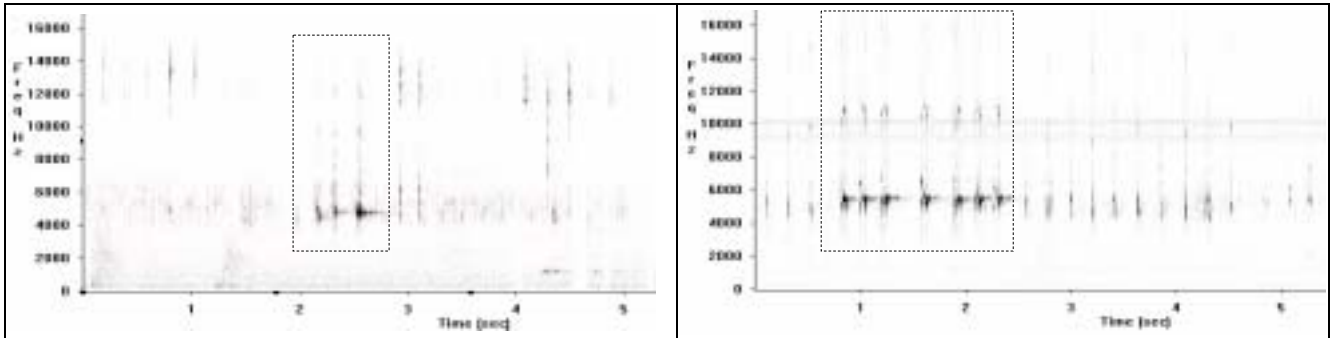
發生在公蟀對母蟀求偶時，但遠距離求偶聲通常發生在近距離求偶聲無法吸引母蟋蟀時或母蟀離開了，公蟀會發出比較大聲的遠距離求偶聲。

2. 發聲的當時行為模式

公蟀將前翅舉高約 30 度摩擦發聲，有時會有亦步亦趨追逐母蟀的情形。

3. 聲音特性分析(如圖八、九，表三)

比起近距離求偶聲，遠距離求偶聲較為急促嘹亮，也較長，通常伴隨與近距離求偶聲聲音段落出現。一個聲音單位僅約 0.13 秒，一個聲音單位平均由 1.9 個小音節組成。出現的最高頻率為 21.93 kHz，最低頻率為 3.89 kHz，平均頻率範圍約 10.67 kHz。



圖八、黑龍仔(小大黃斑)遠距離求偶聲聲音序列

圖九、紅羌仔(長肚)遠距離求偶聲聲音序列(虛

(虛線處)，前後伴隨著近距離求偶聲聲音序列。

線處)，前後伴隨著近距離求偶聲聲音序列。

(五) 長敵對聲

1. 發聲情境

通常發生於在兩隻公蟀的敵對事件，如打鬥時、打鬥後勝利的勝利叫聲中。

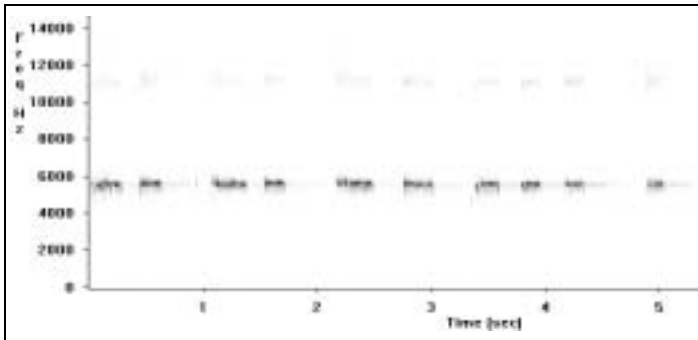
2. 發聲的當時行為模式

(1)打鬥時，公蟀相對觸角快速向前相碰，六腳張開舉高，之後上前，觸角向頭兩側分開且劇烈晃動，偶而以前腳立起交互對打，通常會張開大顎有時互咬，前翅舉高約 45 度快速摩擦，最後加上後腿瞪衝，分出高下。輸的一方，逃走(附錄三)。

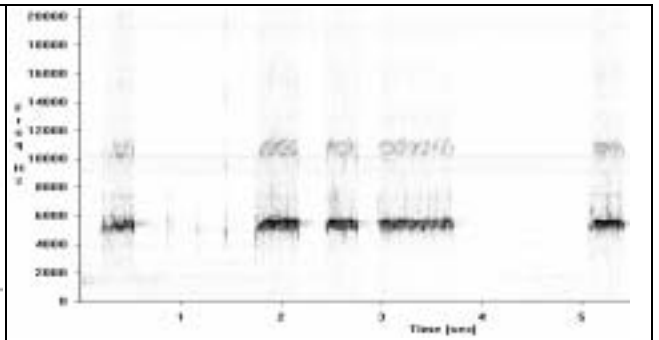
(2)勝利的一方，站於原地對著落敗的蟋蟀，六腳張開舉高，身體前後急速震動，觸角時而往前或舉高，前翅舉高約 45 度摩擦發聲。之後，開始以急衝急停方式驅趕身旁的蟋蟀，驅趕成功後，又繼續發出勝利叫聲(附錄三)。

3. 聲音特性分析

在打鬥時的聲音序列中(圖十、十一)有時會出現長敵對聲和短敵對聲，兩者相比，長敵對聲的聲音單位音節清楚且多，聲音長度較長，頻率範圍很大，重音頻率帶在 5.93~4.89 kHz 間，重音頻率 5.41 kHz，每個聲音單位間隔平均為 0.79 秒(表三)。



圖十、黑龍仔(大黃斑)打鬥時所發出的長敵對聲音序列

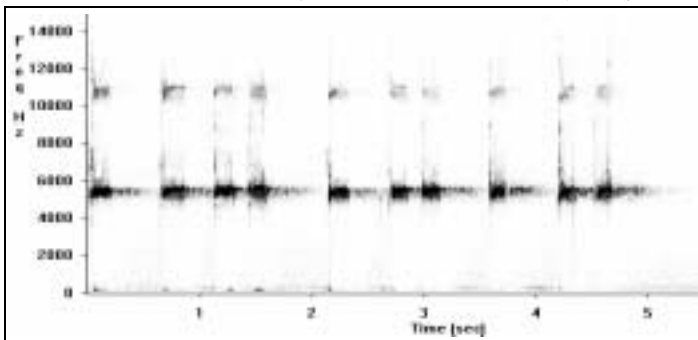


圖十一、紅羌仔(左鬚短)打鬥時所發出的長敵對聲音序列

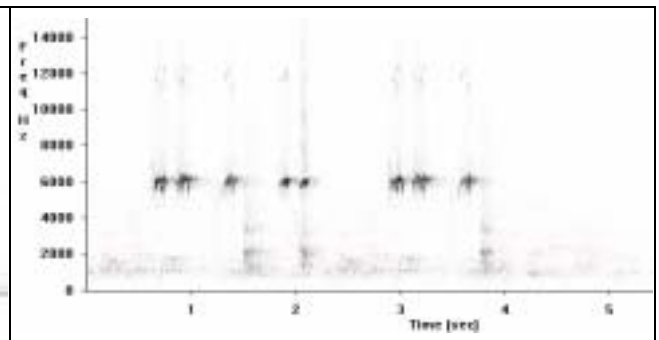
(六) 短敵對聲

1. 發聲情境：出現於打鬥時、打鬥後威嚇驅趕及勝利時。
2. 發聲的當時行為模式：同長敵對叫聲，此略。
3. 聲音特性分析

相較於長敵對聲，短敵對聲為聲音長度較短，在頻譜圖上(圖十二、十三)，聲音有時較為混雜，尾音拖長，一個聲音單位平均由 3.87 個小音節組成，曾出現的頻率為 21.93 kHz~0 kHz，平均頻率範圍約 8.76 kHz，重音頻率帶在 5.86~4.97 kHz 間，重音頻率 5.41 kHz，每個聲音單位間隔平均為 0.33 秒(表三)。



圖十二、黑龍仔(小小黃斑)勝利時聲音序列



圖十三、紅羌仔(大肚)勝利時聲音序列

(七) 長敵對聲與短敵對聲出現的情境分析

由於兩者出現的情境十分相近，因此，我們統計了打鬥時及打鬥後威嚇驅趕、勝利的聲音序列中，計算長敵對聲及短敵對聲的出現比例(表四)，發現長敵對聲較常出現於打鬥時的聲音序列中，而短敵對聲較易出現於威嚇驅趕時及勝利時的聲音序列中。

表四、在三種敵對事件中，出現長敵對聲與短敵對聲聲音單位比例。

出現情境事件 聲音單位比例	打鬥時	威嚇驅趕時	勝利時
長敵對聲	64 %	10.1 %	19 %
短敵對聲	36 %	89.9 %	81 %

二、不同品系黑龍仔與紅羌仔蟋蟀聲音特性的差異

我們分別從黑龍仔及紅羌仔的黃斑黑蟋蟀的聲音樣本中，將六種聲音類型聲音特性數據，整理成表五。

表五、黑龍仔及紅羌仔在六種聲音類型中的各種聲音特性數據整理表

品系	聲音類型	統計個數	出現最高頻率 (kHz)	出現最低頻率 (kHz)	平均頻率範圍 (kHz)	重音頻率帶之平均最高頻率 (kHz)	重音頻率帶之平均最低頻率 (kHz)	重音頻率平均 (kHz)	聲音長度平均 (s)	聲音間隔平均 (s)	音節平均 (個)
黑龍	夜晚呼喚	275	12.9	0	8.79	5.69	4.89	5.29	0.22	0.17	3.85
紅羌	夜晚呼喚	168	19.52	0	8.41	6.21	5.22	5.72	0.19	0.24	4
黑龍	不定時呼喚	44	12.95	4.62	6.58	6.1	5.31	5.71	0.24	0.51	2.37
紅羌	不定時呼喚	15	13.03	5.13	7.07	6.4	5.73	6.06	0.21	0.34	2.12
黑龍	近距離求偶	105	15.94	3.64	9.9	14.77	11.59	13.18	0.04	0.23	1
紅羌	近距離求偶	246	21.68	3.83	9.27	6.04	4.76	5.4	0.04	0.24	2.43
黑龍	遠距離求偶	21	14.58	4.2	7.64	5.81	4.6	5.2	0.14	0.18	1.7
紅羌	遠距離求偶	42	21.93	3.89	12.19	5.94	4.84	5.39	0.13	0.11	2.1
黑龍	長敵對聲	8	14.15	5.12	7.09	6.09	5.56	5.82	0.29	0.47	8.25
紅羌	長敵對聲	64	21.99	0	15.78	5.92	4.85	5.38	0.5	0.84	10.15
黑龍	短敵對聲	178	20.54	0	8.17	5.81	4.92	5.37	0.25	0.29	3.79
紅羌	短敵對聲	90	21.93	0	9.92	5.96	5.07	5.52	0.24	0.45	4.01

從表五可以發現，黑龍及紅羌仔的夜晚呼喚聲、不定時呼喚聲在聲音特性上很相似，在大多數的聲音類型中，紅羌仔的重音頻率稍高於黑龍仔，但在近距離求偶聲方面則相反，黑龍仔的聲音頻率（最高、重音頻率）明顯高於紅羌仔，而紅羌的求偶聲有較多音節。而遠距離求偶聲及長敵對聲，紅羌的頻率範圍也高於黑龍。且紅羌在長敵對聲的聲音長度比黑龍長。

三、播放實驗-測試功能性

(一) 探討公蟋蟀的呼喚聲有吸引母蟀靠近的功能嗎?

表六、在 3 公尺處播放公蟀的夜晚呼喚聲，母蟀反應統計表

所播放聲音的公蟀品系或品種		實驗次數	往呼喚聲方向移動	看呼喚聲方向	觸角晃動	往另一方向移動	沒反應
黃斑黑蟋蟀	同品系	9	56%	11%	67%	11%	22%
	不同品系	10	40%	10%	70%	30%	10%
家蟋蟀 (對照組)		10	20%	10%	100%	90%	20%

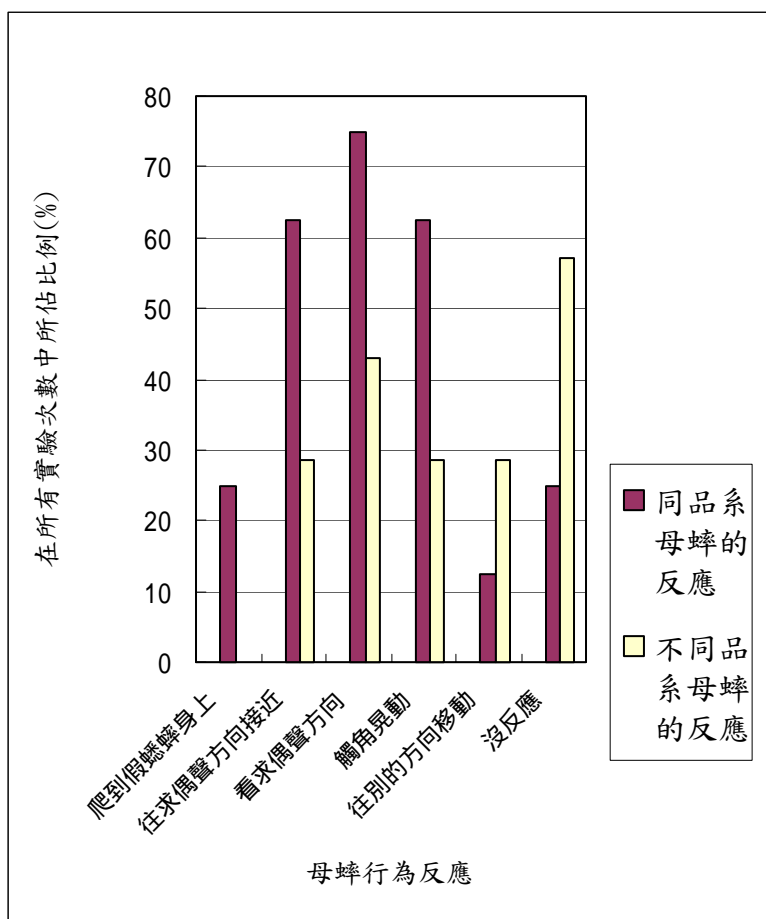
由表六結果發現，母蟀聽到同種公蟀夜晚呼喚聲，不管是否與自己同品系，會有晃動觸角或往呼喚聲方向移動，反應比例接近。但若是同品系的公蟀呼喚聲吸引母蟀接近的比例較高。但在對照組中，播放其他蟋蟀（家蟋蟀）的夜晚呼喚聲時，雖會有觸角晃動的反應，但後來卻是往另一方向移動。

(二) 公蟋蟀的求偶聲是否有近距離吸引母蟀的功能？

表七、在 15 公分處播放公蟀的求偶聲，母蟀的反應在十五次實驗中所佔的比例。

在 15 次實驗中母蟀的反應	爬到假蟋蟀身上	往求偶聲方向接近	看求偶聲方向	觸角晃動	往別的方向移動	沒反應(繼續原來的行為)
所佔比例	13.3%	46.7%	60.0%	46.7%	20.0%	40.0%

根據實驗結果(表七)，發現在 15 次實驗中，對母蟀播放公蟀的求偶聲後，有 60% 母蟀會看求偶聲方向，有接近一半的比例會觸角晃動往求偶聲方向接近，但沒反應的比例也很高有 40%。在進一步依照公蟀的品系是否與母蟀相同來分析，將實驗結果重新統計，製成圖十四。



圖十四、母蟀與所播放求偶聲的公蟀品系相同或不同時，母蟀的反應比例圖

(三) 打鬥叫聲是否會易引發敵對事件?

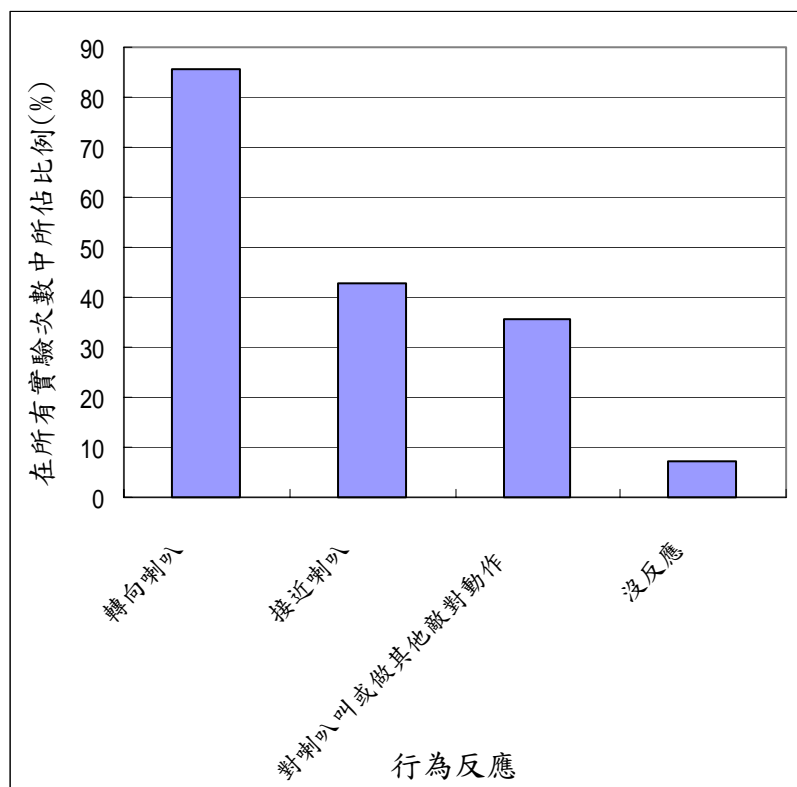
對兩隻公蟀播放其他公蟀的打鬥叫聲、求偶聲、呼喚聲、或沒播放時，這兩隻公蟀是否有敵對反應? 結果如下表八:

表八、播放打鬥聲、求偶聲、夜晚呼喚聲及沒有播放叫聲時，兩隻公蟀同處產生敵對事件比例及沒有反應的比例

播放情形	實驗次數(次)	產生敵對事件比例	沒有反應比例
播放打鬥時叫聲	10	60%	40%
播放求偶聲	7	42.9%	73%
播放夜晚呼喚聲	10	25%	75%
沒有播放任何叫聲	7	0%	100%

播放打鬥時叫聲，相較於播放其他聲音較容易引發敵對事件。其次播放求偶聲也有 42.9% 的可能會引發敵對事件。而沒有播放任何叫聲時，兩者仍相距 15 公分左右，完全沒有產生敵對事件。

(四) 勝利叫聲是否有宣告地位的功能? 結果如下:



圖十五、勝利的公蟀產生勝利叫聲時，聽到別隻的勝利叫聲的反應情形

從圖十五發現，當勝利公蟀聽到其他公蟀的勝利叫聲時，大多數會立刻轉向喇叭，有些會接近喇叭，甚至會對喇叭產生敵對動作，如：威嚇震動、張開大顎等。只有少數是完全沒反應的。

捌. 討論

一、依據表九比較，本研究發現呼喚聲可分二種，一是規律的夜晚呼喚聲，二是不定時呼喚聲。求偶聲會因母蟀離開或拒絕，從近距離求偶聲變成遠距離求偶聲。而在交配中及交配後，並不會發出叫聲。攻擊也有二種聲音，一是長敵對聲，常發生在打鬥時，二是短敵對聲，常發生在威嚇勝利時。

表九、本研究與其他相關黃斑黑蟋蟀聲音類型研究的比較

相關文獻	喜歡獨奏的樂者—蟋蟀 (民 83, 小牛頓)	唧唧! 唧! 蟀歌知多少? (民 90, 林幼淳等)	本研究 (民 93)
聲音類型	1. 呼喚	1. 呼喚聲	1. 夜晚呼喚聲 2. 不定時呼喚聲
	2. 求偶	2. 求偶聲	3. 近距離求偶聲 4. 遠距離求偶聲
	3. 交配 4. 交配後	無	無
	5. 攻擊	3. 攻擊聲	5. 長敵對聲 6. 短敵對聲

二、大多數的聲音類型中，紅羌仔的聲音頻率(範圍及重音頻率)普遍比黑龍仔稍高。但在近距離求偶聲中，黑龍仔的重音頻率遠高於紅羌。這或許是母蟀分辨公蟀品系的重要關鍵。且在求偶聲播放實驗中，母蟀對同品系公蟀的求偶聲，明顯有趨前的反應，因此，推論母蟀有同品系的交配偏好。

三、從播放夜晚呼喚聲實驗中發現，母蟀聽到同種或不同種(對照組)公蟀呼喚聲時，都易引起母蟀觸角晃動，但是如果是同種的公蟀呼喚聲，後來會往呼喚聲方向移動比例較高，若是不同種(對照組)，則是往別的方向移動比例較高。但在同種當中，母蟀聽到同品系公蟀呼喚聲時，往呼喚聲方向移動的比例稍高。

四、在各種聲音引發公蟀打鬥的實驗中，播放打鬥聲最易引發敵對事件。其次是求偶聲，或許播放求偶聲時，會讓公蟀有競爭母蟀的壓力。

五、打鬥後，對勝利的公蟀播放別隻公蟀的勝利叫聲時，通常會使牠立刻轉向或去威嚇喇叭，推論勝利時發出的唧聲可能有宣告地位的功能。

玖. 結論

- 一、黃斑蟋蟀有六種不同類型的唧聲，分別為夜晚呼喚、不定時呼喚、近距離求偶、遠距離求偶、長敵對聲及短敵對聲。
- 二、紅羌仔在大多數聲音類型的聲音頻率範圍或重音頻率方面普遍比黑龍仔稍高。
- 三、從播放夜晚呼喚聲的實驗結果推論夜晚呼喚聲應該具有吸引同種母蟀注意或接近的功能。
- 四、求偶聲播放實驗結果發現中，母蟀可能有對同品系的交配偏好。
- 五、從播放打鬥時叫聲實驗結果發現，聽到打鬥聲最易引發敵對事件，但求偶聲也有引發敵對事件的可能。
- 六、勝利後發出的叫聲應該有宣告地位的功能。

壹拾. 參考資料

- 一、小牛頓 (民 83)。喜歡獨奏的樂者—蟋蟀。小牛頓，137，10-27。台北：小牛頓出版社。
- 二、楊正澤 (民 91)。歌唱高手—蟋蟀。科學研習期刊，41(4)，9-14。
- 三、周延鑫等 (民 79)。台灣閩魔蟋蟀的聲音分析。中華昆蟲，10(2)，201-108。
- 四、林幼淳等 (民 90)。唧唧！唧！蟀歌知多少？高雄市：陽明國中。
- 五、楊平世等 (民 83)。黑蟋蟀之生活史及若、成蟲行為之觀察。台大農學院研究報告，34(4)，411-418。
- 六、光復書局編著 (民 74)。飼養與觀察。光復科學圖鑑 4，68-69。台北：光復書局。
- 七、張鴻斌等 (民 93)。草原上的提琴手。網址：<http://dns.js1es.tnc.edu.tw/cricket/index.html>
(2004/1/28)

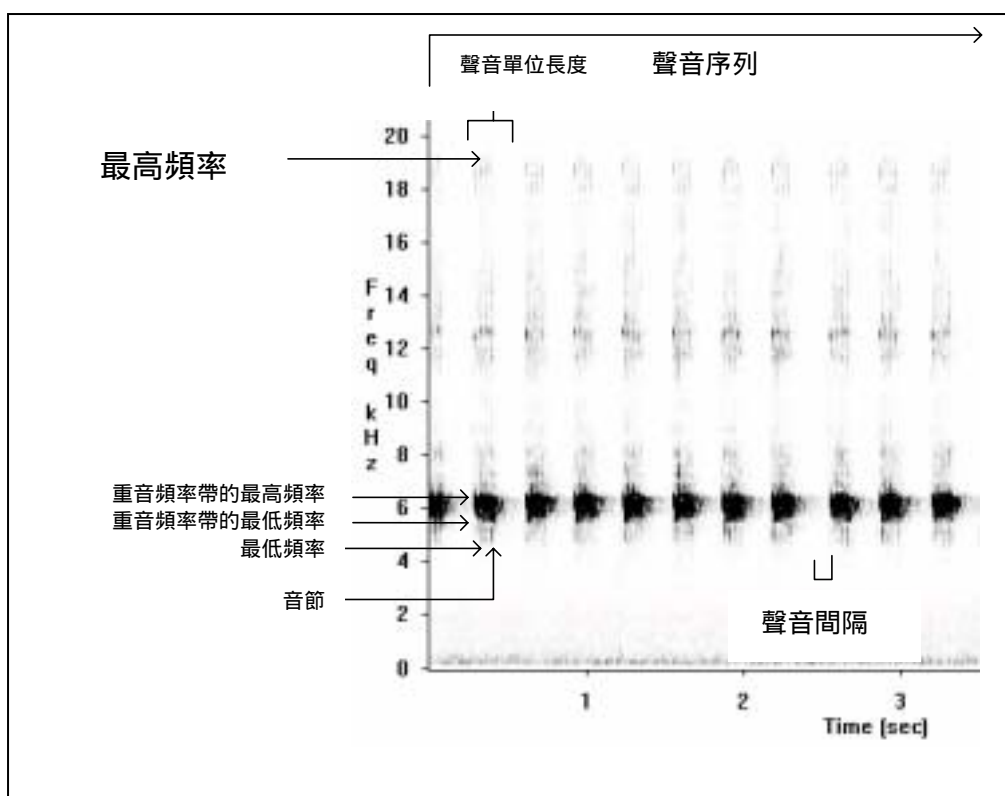
備註：

註一：Syrinx v2.3s 是一套由 Dr. John Burt 設計發展的聲音分析軟體，可以測量聲音的頻率、振幅與波形等資料。

註二：頻譜圖可以讓我們知道聲音的頻率與時間的關係，頻率的計算是以每秒振動次數來計算，單位為赫茲(Hz)，1000Hz=1kHz(千赫茲)。

註三：本實驗測量的聲音特徵(以夜晚呼喚聲為例)

1. 每個聲音單位的最高頻率、最低頻率、平均頻率範圍、重音頻率帶的最高頻率平均及最低頻率平均、聲音長度、聲音間隔、平均音節數



圖十六、以紅羌仔夜晚呼喚聲聲音序列，說明所測量的聲音特性。

2. 從頻譜圖上可以看出最小的一個聲音單位，許多相同的聲音單位相連在一起可以形成一組聲音序列。在一個聲音事件中，有時則是由許多組相同種類或不同種類的聲音序列，彼此間斷組成的。

附錄一、研究對象基本資料

	<p>品系：黑龍仔 特徵：一齡若蟲 體長：0.3cm</p>		<p>品系：紅羌仔 名字：右鬚短 特徵：右邊觸鬚比較短 體長：3.7 cm 翅長：1.6 cm 翅寬：0.8 cm</p>
	<p>品系：黑龍仔 特徵：21 天的若蟲 體長：0.5cm</p>		<p>品系：紅羌仔 名字：左鬚短 特徵：左邊觸鬚比較短 體長：2.9 cm 翅長：1.5 cm 翅寬：0.7 cm</p>
	<p>品系：黑龍仔 名字：小丁 特徵：八齡若蟲，身體兩側有小側翅 體長：2.5cm</p>		<p>品系：紅羌仔 名字：大肚斑 特徵：腹部較大，左鬚稍短 體長：3.8 cm 翅長：1.7 cm 翅寬：0.8 cm</p>
	<p>品系：黑龍仔 名字：獨腳王 特徵：右方後腳斷 體長：3.8cm 翅長：1.7 cm 翅寬：1 cm</p>		<p>品系：紅羌仔 名字：長肚斑 特徵：腹部突出尾絲 體長：3.6 cm 翅長：1.5 cm 翅寬：0.8 cm</p>
	<p>品系：黑龍仔 名字：小大黃斑 特徵：所飼養的黑龍中，體型較小黃斑較大 體長：3.5 cm 翅長：1.7 cm 翅寬：0.8 cm</p>		<p>品系：紅羌仔 名字：紅衣 特徵：全身很紅 體長：2.3cm</p>

※黃斑黑蟋蟀成年公蟋外型特徵及體型記錄比較

針對所蒐集到的成年公蟋蟀，野生黑龍共 5 隻、養殖紅羌共 10 隻，進行外型特徵觀察，發現黃斑黑蟋蟀有二對翅，前翅在上，後翅在下有束狀延長，成年公蟀的前翅紋路曲折突起，基部有黃色斑塊，黑龍仔的黃斑顯得比較明顯，而紅羌的黃斑較大且模糊，前翅中央部位有一圓膜，而成年母蟀前翅基部也有黃斑，但翅膀紋路平整規則，故無法摩擦出聲音。



圖十七、左邊翅膀平滑的是成年母蟋蟀，右邊翅膀曲折突起的是成年公蟋蟀

根據成年公蟀體型測量結果比較(表十二、表十三)，成年公蟀平均體長(不含觸角)約為 3.37 公分，平均前翅長為 1.55 公分，平均翅寬為 0.72 公分。從野生黑龍與養殖紅羌的體型比較(表五)，發現野生黑龍的平均體長(不含觸角)為 3.56 公分、平均前翅長為 1.66 公分、及平均翅寬 0.82 公分，都略大於養殖紅羌。另外，根據每隻成年公蟋蟀的外型特徵再加以命名，以便辨識。

表十二、野生黑龍與養殖紅羌之成年公蟋蟀體型測量結果

品系	野生黑龍					養殖紅羌									
	獨腳王	大黃斑	大尖斑	小小黃斑	小大黃斑	左鬚斷	小紅	剩左尾	斷腳	左尾短	大紅	大肚	長肚	左鬚短	右鬚短
體長(cm)	3.8	3.6	3.6	3.3	3.5	3	3.1	2.9	3.2	3.2	3.3	3.8	3.6	2.9	3.7
前翅長(cm)	1.7	1.7	1.7	1.5	1.7	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.6	1.7	1.5	1.5	1.6
翅寬(cm)	1	0.7	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.65	0.6	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8

表十三、野生黑龍與養殖紅羌的體型比較表

品系	平均體長(cm)	平均前翅長(cm)	翅寬(cm)
野生黑龍	3.56	1.66	0.82
養殖紅羌	3.27	1.49	0.675
總平均	3.37	1.55	0.72

附錄二、行為代號表





對象	代號
成年公 adult male	AM
成年母 adult female	AF

動作	代號
吃 eat	E
走 walk	Wa
跳 jump	J
叫 call	Call
咬 bite	Bi
逃走 escape	Escape
跨騎 mount	Mnt
舉翅 wing (角度)	Wi
急衝 jostle	Jo
後腳立 back foot up	BFU
前腳立 front foot up	FFU
全腳立 foot up	FU
觸角立 antenna up	AU
後腳踢 kick	Kick
推精胞 ejact	Eja
觸角搖晃 antenna shaking	AS
靜止不動 stop	ST
前後震動 vibrant	Vi
張開大顎 open mouth	OM
整理觸鬚 clean antenna	Ca
整理大顎 clean mouth	Cm
前腳打對方 hit	Hit
喇叭方向 speaker	Speaker
身體前後搖慢慢移動 wiggly	W

品系	觀察對象	代號
黑龍仔 公蟀	獨腳王	Sf
	小大黃	Sb
	小小黃	Ss
	小黑	B
	大尖	Bbs
	大黃	By
	小丁(8 齡若蟲)	Sd
紅羌仔 公蟀	大肚	Bs
	長肚	Long
	左鬚	Ls
	右鬚	Rs
	大紅	Br
成年母蟀	短鬚	Sa
	獨腳后	Sa
	斷腳	Nf
	脖子長	NI
	左鬚長	LI
	右尾短	Rts
	黑尾	Bt
	歪管	yl
	黑美	bb
	右尾斷	rtn

附錄三、蟋蟀的行為

一、蟋蟀的交配

	
<p>小大黃發出求偶聲吸引母蟋蟀</p>	<p>小大黃將精胞推出</p>
	
<p>小大黃發出求偶叫聲時同時屁股壓低，母蟋蟀聽到求偶聲慢慢靠近，但未成功</p>	<p>精胞附著在母蟋蟀的身上</p>
	
<p>小大黃轉而和另一隻母蟋蟀求偶後，母蟋蟀爬上小大黃的身上進行交配</p>	<p>交配後，母蟀產卵管基部有公蟀遺留的精胞</p>











二、母蟋蟀的產卵

	
<p>黑龍仔雌蟋蟀正在產卵拱起身體腹部壓低，將產卵管幾乎成垂直插入土中</p>	<p>將整個產卵管埋進土中，腹部抖動，將卵產入土中。</p>
	
<p>產卵管插入土中 1/3</p>	<p>產卵管插入土中產卵後形成的洞</p>
	
<p>用力將產卵管插入土中 1/2</p>	

三、母蟋蟀集體產卵

	
<p>受孕後的母蟋蟀集體產卵</p>	<p>兩隻母蟋蟀正互相打鬥爭搶地盤產卵</p>
	
<p>將身體高舉，垂直將產卵管插入土中</p>	<p>三隻母蟋蟀對峙中</p>
	
<p>因空間不夠雌蟋蟀以打鬥的方式爭搶地盤</p>	<p>輸的兩方離開，留下較強的母蟋蟀在此產卵</p>





三、公蟋蟀的打鬥

	
長肚斑遇上左鬚短，先用觸鬚交鋒	第二次交鋒，用大顎猛烈的攻擊
	
互相張開大顎威嚇	打鬥時長肚斑(右)發出打鬥的叫聲
	
互相張開大顎近距離互咬	左鬚短(右)輸，逃離現場，長肚斑(左)發出勝利叫聲驅趕左鬚短
	
長肚(左)衝向左鬚短(右)	長肚斑持續發出勝利叫聲
	
左鬚短(左)輸，逃命到一旁	直到左鬚短躲在角落，長肚斑才停

四、其他

	
<p>發出夜晚呼喚聲（側面），舉翅約 60 度</p>	<p>山水水族館紅羌仔（左鬚斷）正在整理觸鬚</p>
	
<p>發出夜晚呼喚聲（正面）</p>	<p>啃食蕃薯</p>
	
<p>瀕臨死亡的蟋蟀，觸角略為捲曲</p>	<p>打鬥後，勝利的公蟀發出勝利叫聲，約 45 度。</p>
	
<p>死亡的紅衣</p>	<p>若蟲羽化後遺留下的殼，自己啃到只剩下一隻腿</p>
	
<p>家蟋蟀（體長約 2.3 公分）</p>	

附錄四、實驗活動照片

	
<p>動手佈置蟋蟀的小屋</p>	<p>一起討論實驗題目及分享收集的相關資料</p>
	
<p>將飼養箱標示出蟋蟀的名字</p>	<p>觀察記錄飼養的蟋蟀，紀錄下體長翅寬翅長和用圖畫紀錄特色</p>
	
<p>獨腳王的家</p>	<p>一起觀察記錄飼養的蟋蟀</p>
	
<p>利用午餐點心回收的紙箱動手製作實驗要用的蟋蟀走道，但後來實驗過程並不順利，沒採用蟋蟀走道。</p>	<p>進行播放實驗。三位同學觀察記錄，一位計時，一位操作電腦播放聲音。</p>

評語

080320 國小組生物科 第三名

唧聲若響—黃斑黑蟋蟀的聲音研究

1. 主題有創意，深入探討動作行為。
2. 以科技儀器收錄不同聲音，並以電腦波形解說不同動作行為，具價值性。
3. 作者發表流暢，器材操作熟悉。