

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030317

「蟀」哥體能王—從抓地力、跳躍高度、爬行速率探討蟋蟀足部的運動能力

學校名稱：新北市立江翠國民中學

作者： 國二 王妍方 國二 蕭棠心 國二 簡裕心	指導老師： 梁 源
---	------------------

關鍵詞：蟋蟀、觸角、運動能力

摘要

本實驗主要探討蟋蟀步足的移動，如爬行速率、跳躍高度、在各材質的抓地力、步足的移動順序、觸角對爬行的功能，並藉飼養觀察生活習性。成蟲移動速率約 2.0 公分/秒，成蟲跳躍高度平均約身長 1.9 倍，若蟲跳躍高度平均約 2.5 倍。在鋁箔紙、保鮮膜、玻璃紙及玻璃這四種材質上爬行的效果，鋁箔紙最佳，玻璃紙最差。但因爬行角度皆小於 30 度，這些材質皆適合做成飼養蟋蟀的容器。蟋蟀的步足在爬行中有兩種步伐，第一種為第一及第三對步足的左側、第二對步足的右側向前移；第二種為第一及第三對步足的右側、第二對步足的左側向前移，兩步伐交替使蟋蟀前進。剪掉觸角的蟋蟀爬行時會產生偏移，剪掉右觸角所偏移的角度最大，爬行速率也最慢。

壹、研究動機

炎炎夏日的鄉間田野中，四面八方傳來「唧—唧—」聲，在雜草間不斷翻滾跳躍的，正是本劇的主角——蟋蟀！看看牠們的六隻小腳，強而有力，在你捉牠們捉得手忙腳亂之際，蟋蟀早已跳得又高又遠，離開你的視線；但是當牠準備爬上玻璃時，卻怎麼抓也抓不緊玻璃，逗趣的模樣令人莞爾一笑。

走進販賣昆蟲的店裡，耳畔總是想起那聲「唧—唧—」，又是那些小傢伙了！有時跟同伴打架，氣得直跳腳；有時遇到危機，三步併成兩步逃離危機，喚起了我們的鄉村回憶。

因此，研究蟋蟀的爬行速率、跳躍力、抓地力及觸角對於爬行功能的影響便成為我們的研究動機，以下的實驗數據將使你對牠們驚人的體能嘆為觀止。現在，就讓我們一起進入蟋蟀的世界吧！

貳、研究目的

- 一、研究蟋蟀的爬行速率
- 二、研究蟋蟀若蟲與成蟲的跳躍能力
- 三、研究不同平面材質對蟋蟀的攀爬能力的影響
- 四、研究蟋蟀爬行時三對步足的移動順序
- 五、研究觸角的有無對蟋蟀爬行方向偏移及爬行速率的影響

參、研究設備及器材

一、主要器材目錄

器材名稱	數量	器材名稱	數量
蟋蟀(黃斑黑蟋蟀)	1000 隻	塑膠杯	數個
紗網	數尺	食物(烏龜飼料)	適量
數位相機(SONY DSC-T100)	1 台	攝影機(JVC GZ-HD6)	1 台
長尺 30cm	6 支	棉花	適量
玻璃紙	3 張	鋁箔紙	1 捲
玻璃(載玻片)	8 片	瓦楞紙	數張
砂紙	1 張	抹布	1 條
量角器	1 個	剪刀	1 把
美工刀	1 把	(壓克力)擋風板	3 片
可調角度之木製工具	1 個	乙醚	1 罐
保鮮膜	1 捲		

(如照片 1)



照片 1

器材全覽圖

二、查閱黃斑黑蟋蟀的資料

(一)基本資料

學名	<i>Gryllus bimaculatus</i> 黃斑黑蟋蟀
別名	烏龍仔、赤羌仔、雙斑黑蟋蟀、花鏡油葫蘆、雙斑油葫蘆
分類	昆蟲綱 (Insecta)、直翅目(Orthoptera)、蟋蟀科(Gryllidae)
形態	中大型蟋蟀，雄蟲體長 21-28 公釐，全身體色為黑色。頭短圓形，觸角鞭狀細長，頭寬與前胸背板約等寬。
分布	本種蟋蟀為世界性分布的昆蟲，主要分布於亞熱帶地區，非洲、地中海、中國大陸、東南亞、台灣等地。在台灣主要棲息於平地或低海拔山區。
棲所	主要為路邊、綠帶、都會區街道邊、安全島、校園及公園綠地的草叢或落葉、石瓦縫隙裡。
食性	雜食性。在野外主要以植物的嫩芽、嫩葉及根為食，尤其喜歡吃各種蔬菜及果實。有時甚至連同伴及其他昆蟲的屍體也一併下肚。
天敵	鳥類、兩棲類(如青蛙、蟾蜍等)、爬蟲類(如蛇、蜥蜴等)。

(二)佈置飼養環境

在塑膠杯內擺放食物及報紙(供蟋蟀躲藏)，然後將市售黃斑黑蟋蟀放入飼養，並且每 2 天清理飼養環境、讓蟋蟀喝水。每個塑膠杯飼養 1 隻。(如照片 2、照片 3) 每天早晚進行觀察，記錄成觀察日誌，同時進行拍照及攝影。



照片 2

透明塑膠杯及杯內的蟋蟀。杯口上套著紗網以利通風，並用橡皮筋固定，其中放置食物(烏龜飼料)數顆，並每 2 天清理環境。



照片 3

我們在每個紙箱中放入 20 杯蟋蟀。本來我們放入沾水的棉花為蟋蟀補充水分，但我們發現將飼料與沾水的棉花放置在一起，飼料會膨脹發霉，所以改為每 2 天將蟋蟀取出補充水分，並清理塑膠杯。

(三)對各個年齡層的蟋蟀拍照

1 卵

(1)肉眼觀察



照片 4

此為剛產下約 5 分鐘的卵，這是一隻雌蟋蟀一次產下的數量，約 145 顆卵。



照片 5

近拍蟋蟀剛產下的卵。

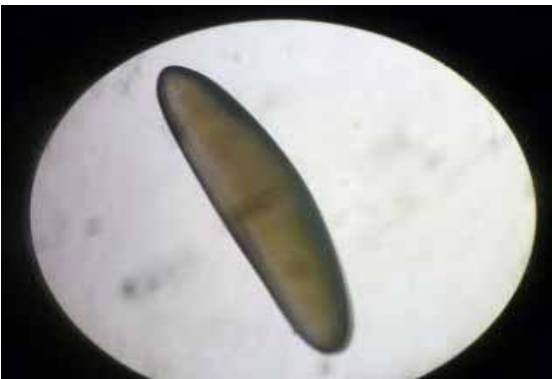
(2)解剖顯微鏡下



照片 6

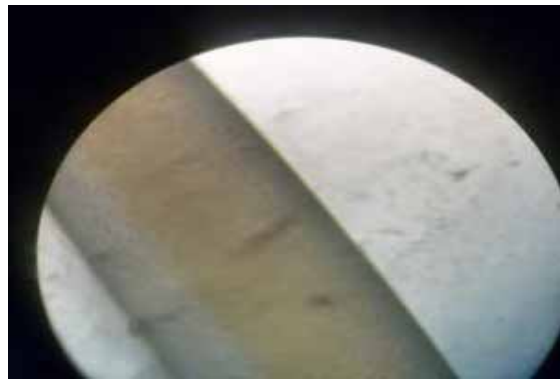
放大 20 倍的卵

(3)複式顯微鏡下



照片 7

放大 60 倍的卵



照片 8

放大 600 倍的卵

2 若蟲



照片 9

剛孵化的若蟲，每一隻的大小約是 0.5 公分。



照片 10

有些若蟲的體色較淡，幾近咖啡色。

3 成蟲



照片 11

即使都是雌成蟲，兩隻蟋蟀的體型仍有很大的差距。



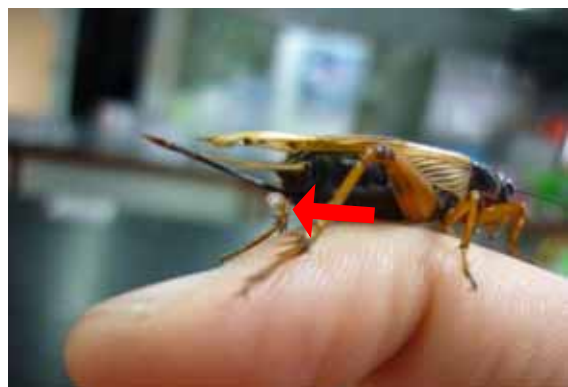
照片 12

蟋蟀正在清理觸角。蟋蟀會使用前肢把觸角攬向自己，用口器從觸角基部開始清潔直到末端，重複幾遍，便完成清理動作。



照片 13

即將交配的蟋蟀。公蟋蟀會對母蟋蟀鳴叫，若雙方情投意合，則母蟋蟀爬到公蟋蟀背上準備交配。



照片 14

交配後，母蟋蟀的產卵管下方白色小圓粒為精胞。

4 手繪圖

(1) 蟋蟀身體結構圖

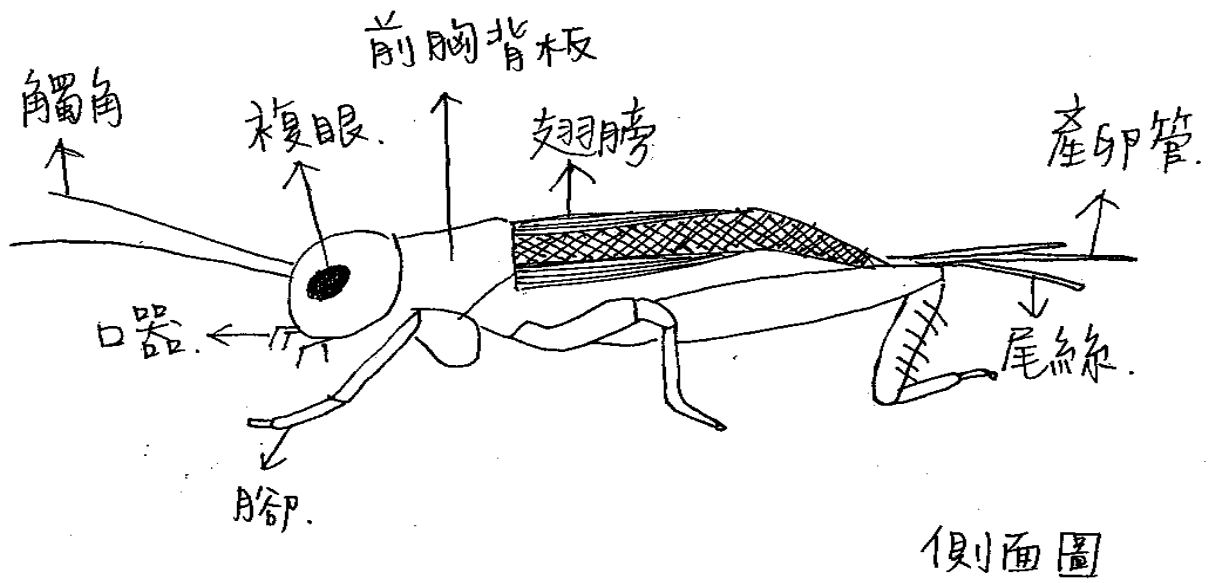


圖 1

蟋蟀身體結構側視圖

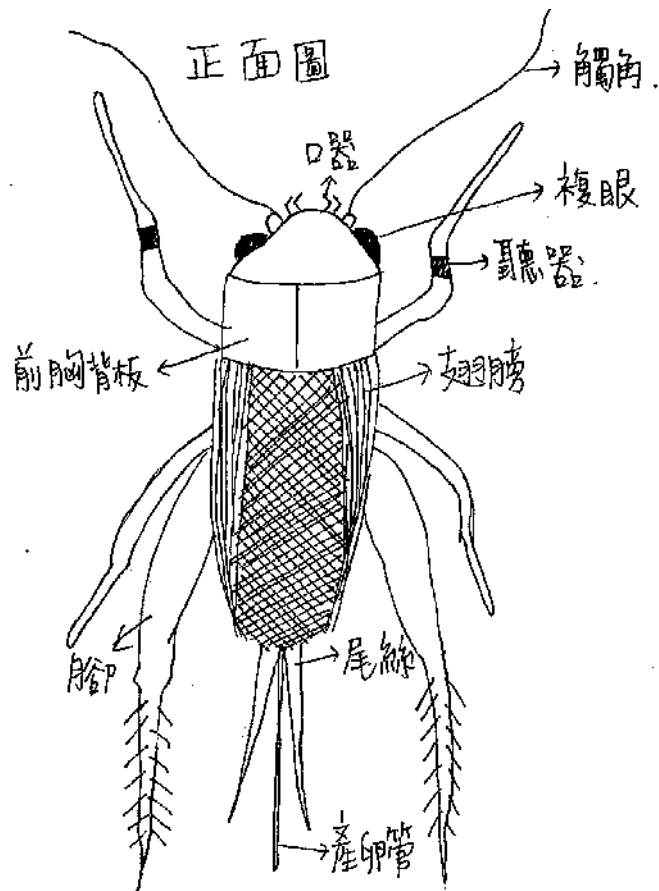
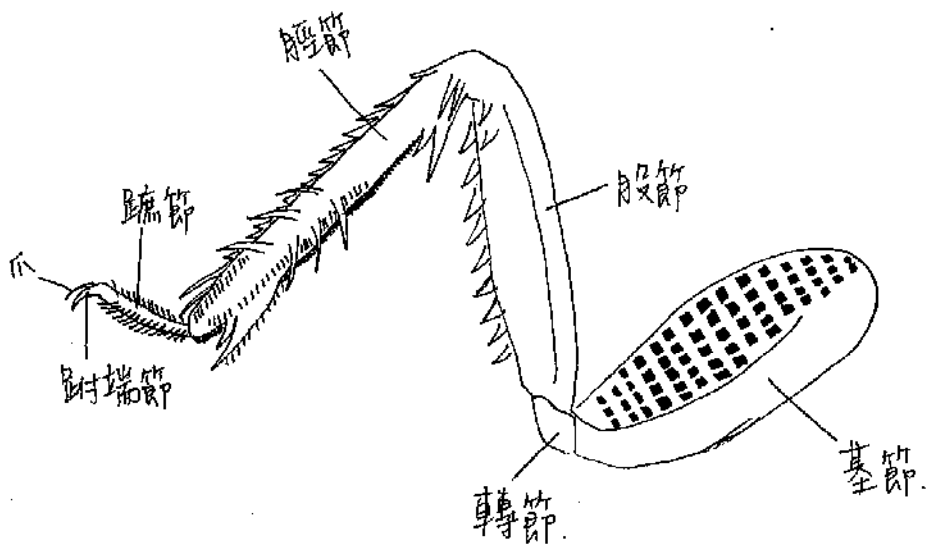


圖 2

蟋蟀身體結構正視圖



蟋蟀足部細部構造圖(20X)

圖 3
蟋蟀足部細部構造圖

(2)life cycle

卵——齡若蟲——二齡若蟲——三齡若蟲——四齡若蟲——五齡若蟲——六齡若蟲——七齡若蟲——八齡若蟲——九齡若蟲——十齡若蟲——成蟲

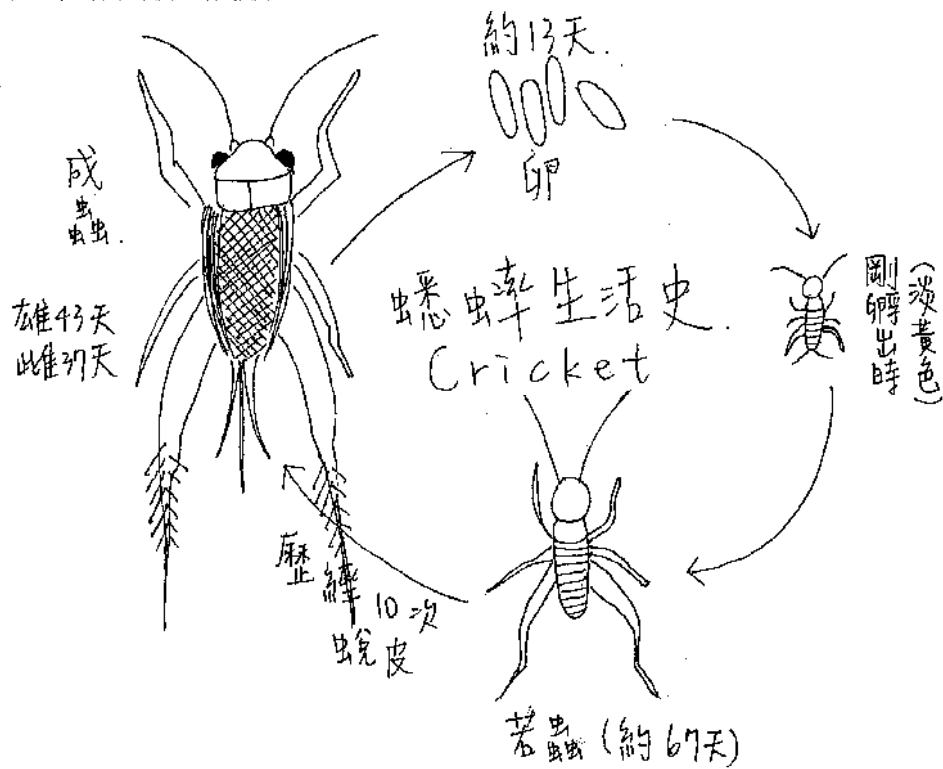


圖 4
蟋蟀生活史

5 生活行為

(1) 攝食行為



照片 15

米粒：蟋蟀會先抓起一粒米粒移動到偏僻處(較無其他蟋蟀的地方)，然後用一對唇鬚和顎鬚抓住米粒啃食。除了生米之外，牠們也會吃熟米飯。



照片 16

蘋果：對於汁液較多的食物會用吸食的方式攝食。



照片 17

地瓜葉：蟋蟀會從邊緣處開始，以圓弧狀咬食

(2) 蛻皮過程



照片 18

正在蛻皮的蟋蟀。剛蛻皮的蟋蟀身體呈白色，漸漸將舊皮脫下，但蛻皮不成功者可能會造成肢體癱瘓。蛻完皮約半個小時到一個小時，翅膀會硬掉變成咖啡色或黑色。



照片 19

此時蟋蟀沒有抵抗危險的能力，常被同類攻擊甚至吞食，因此我們在飼養時才會選擇一杯一隻制。



照片 20

這隻蟋蟀不幸被同類分食。可以看到位於頭部及胸部內較重要的器官幾乎已被吃光，只剩下腹部沒受到攻擊。雖然頭被吃掉了，但牠仍然會移動，應是腹部的神經節未被破壞的關係。

(3)產卵



照片 21

分岔的產卵管。雌蟋蟀產卵時產卵管會分岔，一次排出一個卵又很快闔上，休息一陣子再繼續產卵。



照片 22

產卵管閉合了。整個生產過程中蟋蟀的腹部一直用力的收縮，辛苦的模样見證了母親的偉大。

肆、研究過程或方法

一、研究蟋蟀的爬行速率

- (一)自製測量工具:利用膠帶及雙面膠將三支尺圍成一通道。(如照片 23、照片 24)
- (二)將蟋蟀放入通道內使其爬行，並使用攝影機錄下過程。(如照片 25)
- (三)使用電腦軟體(QuickTime Player)進行慢速影像分析，擷取蟋蟀一段完整爬行中的 5 秒計算速率。



照片 23
自製尺(蟋蟀走道)完成品。



照片 24
自製尺(蟋蟀走道)完成品。

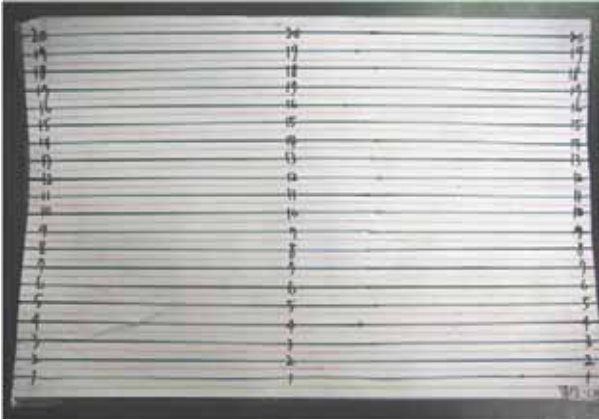


照片 25
拍攝步行的實驗

二、研究蟋蟀若蟲與成蟲的跳躍能力

- (一)自製量尺:在 A4 紙上以 0.5 公分為單位畫直線，共 20 個大刻度、20 個小刻度，用於測量蟋蟀跳躍的跳躍高度。(如照片 26)
- (二)將套書以一定高度(30 公分)自由落下至桌面，使蟋蟀受到驚嚇而跳躍，並用攝影機錄下過程。(如照片 27)

(三)使用電腦軟體(QuickTime Player)進行慢速影像分析，找出每一次跳躍達到的最高點。



照片 26

此為自製尺，A4 大小，以 0.5 公分為單位，共有 40 個刻度。



照片 27

此為跳躍實驗示意圖。將套書從 30 公分高度自由落下，使蟋蟀受到驚嚇而跳躍的過程。

三、研究材質對蟋蟀的攀爬能力的影響

(一)自製測量工具:利用瓦楞紙板和大頭釘組合，使其可活動(調整角度)，並將量角器黏貼在紙板外，以便測量角度。(如照片 28、照片 29)

(二)將要測量的材質黏貼在紙板上，讓蟋蟀能在各材質上自由爬行。

(三)緩慢調整角度，測量蟋蟀無法再往上爬行的角度，即為蟋蟀對該材質爬行能力的極限角度。



照片 28

自製測量工具。左側為改變角度的位置，可上下移動。將量角器黏貼在紙板側，以此作為角度依據。



照片 29

放置各種材質的位置，可讓蟋蟀在上面爬行。

四、研究蟋蟀爬行時三對步足的移動順序

(一)將蟋蟀置於乾燥、光照正常的木製桌面上爬行。

(二)架設攝影機，將蟋蟀的爬行情況錄影。

(三)使用電腦軟體(QuickTime Player)進行慢速影像分析。

五、研究觸角的有無對蟋蟀爬行方向偏移及 爬行速率的影響

- (一)將成蟲分成四組，三組實驗組分別為剪去左觸角、剪去右觸角、剪去兩邊觸角，對照組為觸角完整的蟋蟀。剪去觸角時，會先用乙醚麻醉蟋蟀。待其恢復活動力後，再進行實驗。(如照片 30、照片 31、照片 32)
- (二)將蟋蟀置於與地面夾角 30 度的平面爬行，架設攝影機錄影爬行情況。(如照片 33)
- (三)使用電腦軟體(QuickTime Player)進行慢速影像分析，擷取蟋蟀一段完整爬行中的 5 秒，使用電腦軟體(cockroach tracker 1.1.exe)測量其起點及終點在電腦桌面上的相對座標，交由 excel 公式計算平均位移距離、平均移動角速度、平均移動速度。



照片 30

迷昏蟋蟀以剪去觸角，所用到的器材有：乙醚適量、滴管、棉花適量、透明塑膠杯數個。實驗必須在通風櫃中操作，以免吸入過多的乙醚造成呼吸道、皮膚等傷害。



照片 31

先在通風櫃中使用滴管將些許乙醚滴在棉花上，將蟋蟀放置在棉花旁，用塑膠杯罩住蟋蟀與棉花。起初蟋蟀會在塑膠杯內掙扎，過一段時間後我們可以發現牠的活動力漸漸下降，無掙扎行為，呈現昏迷狀態，便將其取出。



照片 32

已昏迷的蟋蟀。



照片 33

待蟋蟀恢復活動力後，讓其在與水平面夾角 30 度的平面上爬行，並錄影加以分析各種數據。

伍、研究結果

一、研究蟋蟀的爬行速率

我們利用攝影機將在尺上爬行的蟋蟀錄下來，利用電腦軟體(QuickTime Player)進行慢速影像分析及測量速率，計算公式： $\text{爬行速率} = \frac{\text{爬行公分數}}{\text{秒數}}$ 。總共有 25 隻成蟲參與實驗，每隻重複實驗三次。

(一)將各蟋蟀的平均速率加總求得其總平均為 2.044cm/s，標準差 0.3583295。

(二)利用 excel 繪製長條圖(如圖 5)

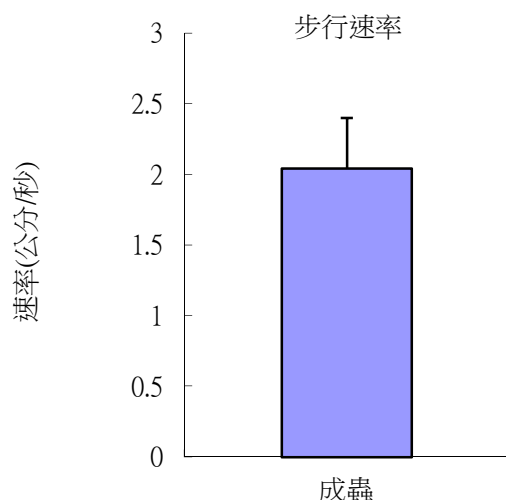


圖 5

蟋蟀成蟲步行速率長條圖。

二、研究蟋蟀若蟲與成蟲的跳躍能力

我們將蟋蟀置於用擋風板圍成的空間中，背景襯有自製尺。將套書從 30 公分高處自由落下至桌面，使蟋蟀跳躍，並用攝影機錄下跳躍過程。使用電腦軟體(QuickTime Player)進行慢速影像分析每次跳躍的最高點。總共有 20 隻成蟲、20 隻若蟲參與本實驗，每隻重複實驗三次。

(一) 1 將各蟋蟀的平均高度加總求得其總平均及標準差。(如表 1)

	成蟲	若蟲
平均跳躍高度(公分)	4.8	1.2
標準差	0.5938	0.46602

表 1

蟋蟀成蟲與若蟲的平均跳躍高度(公分)

2 分別將平均跳躍高度除以體長求得兩者的倍數關係。(如表 2)

(註：成蟲平均體長 2.5 公分，若蟲平均體長 0.5 公分)也就是說，上一個表格表示「平均跳躍高度是多少公分」，而以下表格表示「平均跳躍高度是多少個體長」。

	成蟲	若蟲
平均跳躍高度(體長數)	1.92	2.45
標準差	0.24	0.93

表 2

蟋蟀成蟲與若蟲的平均跳躍高度(體長)

(二) 利用 excel 繪製長條圖(如圖 6、圖 7)

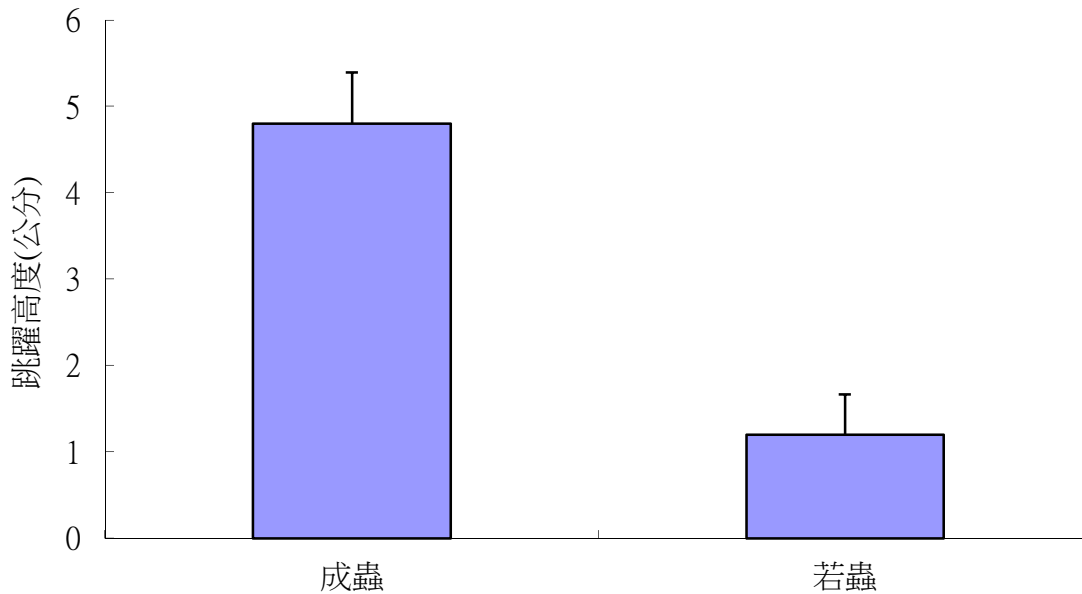


圖 6
蟋蟀成蟲與若蟲跳躍高度長條圖(單位:公分)。

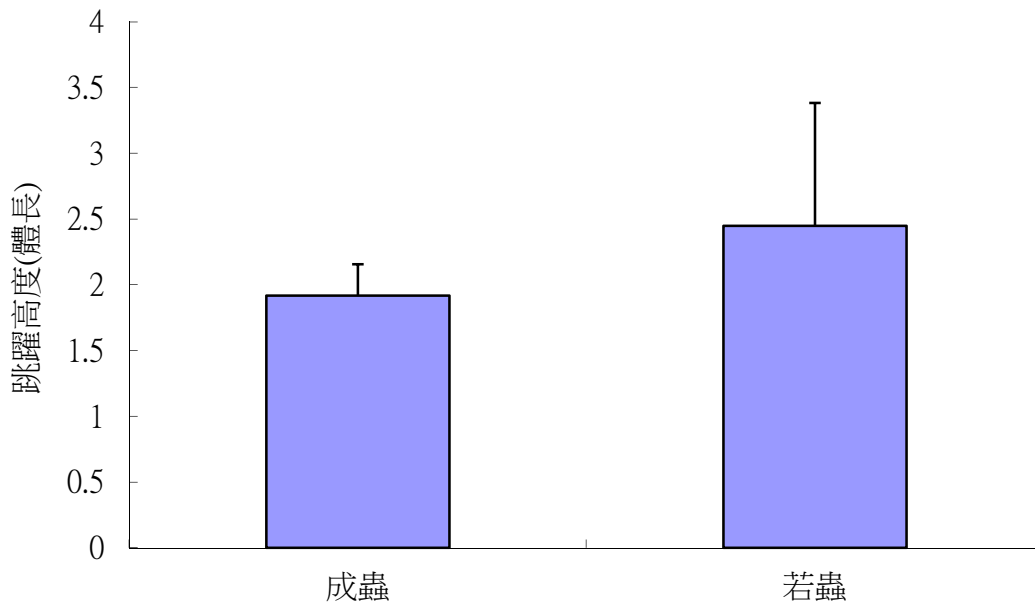


圖 7
蟋蟀成蟲與若蟲跳躍高度長條圖(單位:體長)。

三、研究材質對蟋蟀的攀爬能力的影響

在飼養過程中，原本將蟋蟀放在紙袋內飼養，但發現蟋蟀很容易就能爬出紙袋逃逸，造成飼養的困難。所以決定探究蟋蟀在各種材質面上爬行的能力，以解決這個問題。

將要測量的材質黏貼在自製工具上，讓蟋蟀能在各材質上自由爬行。緩慢調整角度，直到蟋蟀只能原地移動四肢、無法再往上移動為止。測量此角度(蟋蟀無法再往上爬行)，此為蟋蟀在該材質上爬行的極限角度。總共有 10 隻蟋蟀成蟲參與本實驗，每隻重複實驗三次。

(一) 將各蟋蟀在鋁箔紙、保鮮膜、玻璃、玻璃紙上的平均角度分別加總求得其總平均。
(如表 3)

註:因蟋蟀不管任何角度皆可在瓦楞紙、砂紙、白紙、抹布上爬行，故不加詳細討論。

	鋁箔紙(亮面)	保鮮膜	玻璃	玻璃紙
平均(度)	25.1667	20.45	19.6833	17.1167
標準差	1.89979	2.04834	1.75422	2.15632

表 3

蟋蟀在各材質面上的平均最大爬行角度

(二) 利用 excel 繪製長條圖(如圖 8)

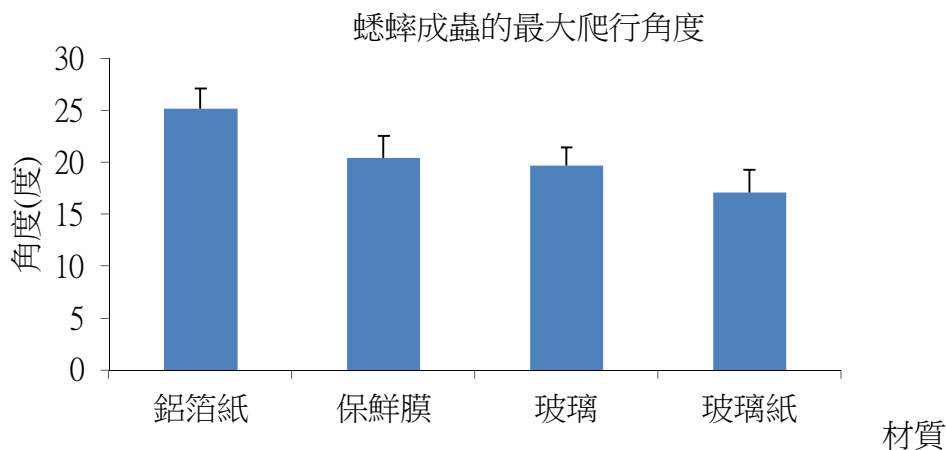


圖 8

蟋蟀成蟲的平均最大爬行角度長條圖。

四、研究蟋蟀爬行時三對步足的移動順序

用攝影機錄下蟋蟀的爬行情況。使用電腦軟體(QuickTime Player)進行慢速影像分析。

(一)觀察結果

蟋蟀爬行時有兩種步伐，第一種為第一對步足的左側、第二對步足的右側、第三對步足的左側同時向前移。第二種為第一對步足的右側、第二對步足的左側、第三對步足的右側同時向前移。兩個步伐不停重複，蟋蟀就在六隻腳交替移動中向前爬行。

(二)手繪圖說明結果(如圖 9、圖 10)

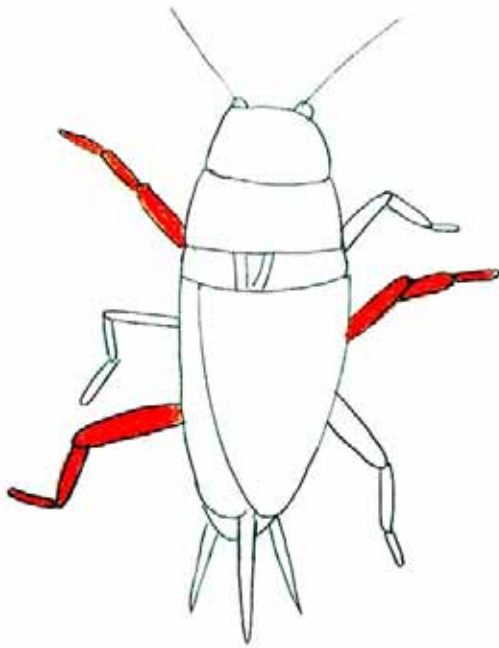


圖 9
蟋蟀爬行的第一種步伐。塗成紅色的步足即為向前移動的腳。

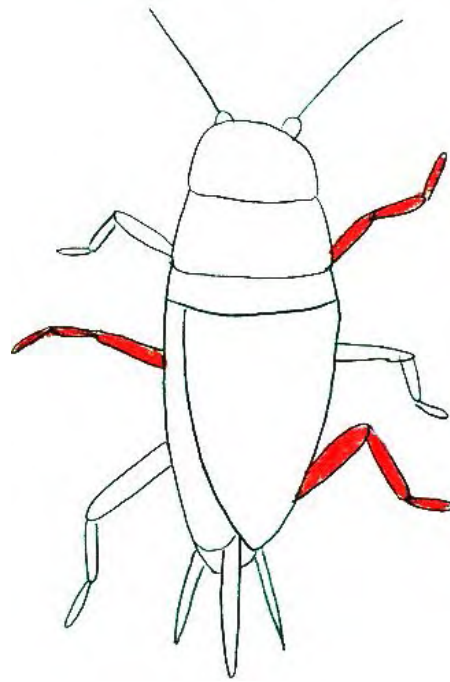


圖 10
蟋蟀爬行的第二種步伐。

五、研究觸角的有無對蟋蟀爬行方向偏移及爬行速率的影響

我們將蟋蟀成蟲分成四組，三組實驗組為分別剪去左、右、兩邊觸角，對照組則挑選觸角完整的蟋蟀做為比較。將蟋蟀置於與地面夾角 30 度的平面爬行，並錄影蟋蟀的爬行情況。使用電腦軟體(QuickTime Player)擷取蟋蟀一段完整爬行中的 5 秒，使用電腦軟體(cockroach tracker 1.1.exe)測量其起點及終點在電腦桌面上的相對座標，交由 excel 公式(「兩點座標計算其距離」與「利用三角函數 tan 計算夾角」)計算平均位移距離、平均移動角速度、平均移動速度。

(一)剪掉觸角對於其爬行角速度的影響

$$\text{計算公式:角速度} = \frac{\text{爬行起點至爬行終點的偏移角度(度)}}{5(\text{秒數})}$$

1 將蟋蟀在各處理下的平均角度分別加總求得其總平均。(如表 4)

註:角度向右為正，0 為沒有偏移，角度向左為負。

角速度(度/秒)	正常	剪右觸角	剪左觸角	剪兩側觸角
平均	-2.184618720	6.003605222	2.093173205	2.851685528
標準誤	2.149595706	3.342629378	2.775775721	2.694665834
t 檢定	F 檢定	0.487342904	0.684762995	0.719401988
與正常比較	t 檢定	0.042506600	0.134389027	0.097152450

表 4

蟋蟀成蟲的平均角速度

統計結果顯示「剪右觸角」增加角速度(向右)。

2 利用 excel 繪製長條圖(如圖 11)

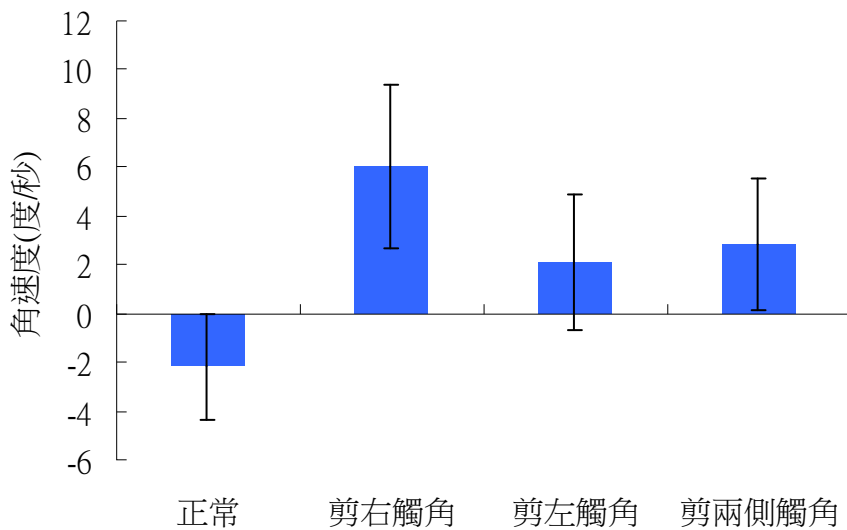


圖 11
蟋蟀成蟲的平均角速度長條圖

(二)剪掉觸角對於其爬行速度的影響

計算公式:速度 = $\frac{\text{爬行過程中起點至終點的位移(體長數)}}{5(\text{秒數})}$

1 將各蟋蟀在各處理下的平均角度分別加總求得其總平均。(如表 5)

速度(體長/秒)	正常	剪右觸角	剪左觸角	剪兩側觸角
平均	2.562546447	1.298201475	2.637778456	2.055233499
標準誤	0.489466215	0.321607886	0.372832123	0.439678728
t 檢定	F 檢定	0.508233543	0.665774483	0.864199026
與正常比較	t 檢定	0.037099700	0.453338484	0.234969889

表 5
蟋蟀成蟲的平均速度

統計結果顯示「剪右觸角」減慢速度。

2 利用 excel 繪製長條圖(如圖 12)

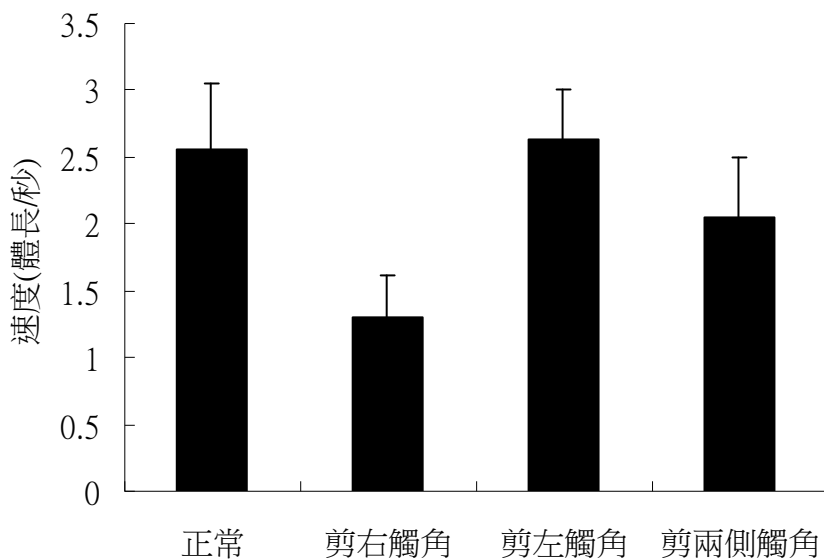


圖 12
蟋蟀成蟲的平均速度長條圖

陸、討論

- 一、本實驗希望能在民間活動鬥蟋蟀中提供更多幫助，因使用的蟋蟀為黃斑黑蟋蟀，正是鬥蟋蟀所用品種，而且實驗目的都和移動能力有關。
- 二、我們觀察到即使都是成蟲，步行能力也會因「蟲」而異，普遍來說，成蟲的速率平均為 2.0(cm/s)。但這不是蟋蟀的最大限度，因我們觀察到蟋蟀在遭遇危險時速度會加快。
- 三、從跳躍實驗可看出，若蟲跳躍能力較成蟲佳，推論可能影響蟋蟀跳躍能力的因素有：本身的重量、體積、敏捷度、彈跳力等。
- 四、從探討蟋蟀在材質面上爬行的極限角度實驗可看出，瓦楞紙、砂紙、白紙、抹布這些凹凸不平的材質，可讓蟋蟀在上面有如蜘蛛人般爬行。蟋蟀在鋁箔紙(亮面)、保鮮膜、玻璃、玻璃紙上爬行的最大角度約 20 度，各種材質之間相差不大。
- 五、蟋蟀和許多昆蟲(如蟑螂)相同，在爬行過程中若碰到與地面垂直的爬行面，會筆直往上爬行，本次「研究觸角的有無對蟋蟀爬行方向偏移及爬行速率的影響」實驗即是利用此趨性設計實驗。又因垂直的面角度太大，蟋蟀較不能順利爬行，因此在測試過後決定設 30 度為標準。
- 六、產卵時產卵管會分岔，經實驗觀察平常產卵管兩端是合起來的，只有在產卵時才會打開，將卵排出。
- 七、在飼養蟋蟀的過程中，我們餵食多種食物，觀察到蟋蟀幾乎無所不吃，但是對白蘿蔔卻是一口也不沾。在幼蟲方面，三齡以前的小若蟲，不可以餵食香蕉，因其中的糖分太高，會將蟋蟀黏在表面上，不能逃脫而死亡。不只糖分高的食物，只要是具有黏液的食物幾乎都會有相同的結果。例如：加水的燕麥片。
- 八、蟋蟀在若蟲時期常會失去部分肢體，在下次蛻皮時是否會長回來？此觀察有待未來研究。
- 九、我們在飼養過程中，觀察到若蟲跳躍率高於成蟲，因此蟋蟀體長與跳躍率是否有關係，有待未來研究。

柒、結論

一、研究蟋蟀的爬行速率

蟋蟀成蟲的速率在 2.0(cm/s)左右。

二、研究蟋蟀若蟲與成蟲的跳躍能力

若蟲能跳自己身長 2.5 倍的高度，但成蟲只能跳自己身長 1.9 倍的高度，由此可知，若蟲跳躍能力優於成蟲。

三、研究材質對蟋蟀的攀爬能力的影響

瓦楞紙、砂紙、白紙、抹布材質的物品不管什麼角度都可以讓蟋蟀在上面爬行，適合作為飼養時供攀附的支撐物，但不適合做為飼養箱的材質。

蟋蟀在其他材質上爬行的最大角度：鋁箔紙(亮面) > 保鮮膜 > 玻璃 > 玻璃紙，但是只要超過 30 度，蟋蟀皆無法繼續爬行，所以此四種材質可做為飼養蟋蟀的容箱壁材或是野外採集昆蟲陷阱的選擇材質。

四、研究蟋蟀爬行時三對步足的移動順序

蟋蟀步行的第一種步伐：第一對、第三對步足的左側、第二對步足的右側同時向前移。第二種步伐，第一對、第三對步足的右側、第二對步足的左側同時向前移。兩個步伐不停重複，蟋蟀就在六隻腳交替移動中向前爬行。

五、研究觸角的有無對蟋蟀爬行方向偏移及爬行速率的影響

經由實驗得知剪掉右觸角的蟋蟀在爬行時角度偏移最大，速率減少最多。

捌、參考資料及其他

一、張永仁，昆蟲圖鑑：台灣七百多種常見昆蟲生態圖鑑，台北市：遠流，1998

二、陳淑嫻、吳勤皓、楊淨皓、李邵郁，2003，草原上的提琴手－孵化篇，中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

三、吳哲榕，2005，蟋蟀的聲音分析與聲音行為探討，台灣二零零五年國際科學展覽會

四、李培聖、陳穎萱、王渝婷、蔡正芸，2008，挖出一線生機——大扁頭蟋蟀挖洞及生殖交配行為之研究，中華民國第四十八屆中小學科學展覽會參展作品專輯

五、許育銜，鳴蟲音樂國，台北市：天下遠見，2009

六、李俊康，2010，為何蟋蟀總是右翅向上？中華民國第五十屆中小學科學展覽會參展作品專輯

七、本實驗對於飼養蟋蟀的觀察日誌及各實驗的原始數據，詳見附錄(以電子檔呈現)。

【評語】 030317

作品主題有趣，觀察紀錄詳細，但影響蟋蟀跳躍能力因素眾多，
實驗設計宜更周延才能使結果更具可信度。