

# 2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 國中組 成果報告表單

題目名稱：隨「蟋」所欲 - 以蟋蟀探討昆蟲的方向偏好和慣用前腳

### 一、摘要：

本實驗主要探討蟋蟀在左右路徑選擇上，是否會有明顯差異；以及跨越障礙時，蟋蟀有無特別偏好的慣用前腳，及其對失敗率之影響。在左右路徑選擇和坑洞跨越實驗中，結果發現蟋蟀在群體上，左右偏好和慣用前腳選擇上左右兩邊並無太大差異；然而外加磁場和光照的影響之後，蟋蟀在左右選擇上就出現了偏好。通道右邊形成磁場後，蟋蟀選擇有六成的比例會往磁場處；而在通道左邊外加光源後，也有六成的比例會往光源處。由此現象可推估蟋蟀對於磁場的感應和趨光性的情況。而在蟋蟀群體間沒有特別的方向和慣用前腳偏好；但有某些個體的左右偏好卻十分明顯。進一步在坑洞跨越實驗中觀察左右偏好比和失敗率之間關係，發現左右偏好越明顯的個體，跨越坑洞時的失敗率越低。綜合以上觀察，推測此現象是蟋蟀在演化的過程中，群體偏好和個體優勢之間權衡下的結果。

### 二、探究題目與動機

施打疫苗時，許多同學皆選擇施打於「非慣用手」讓我們對慣用手機制產生好奇心。看見許多學者在網路上分享文章，得知慣用手的發展和大腦側化有關。大腦側化是動物演化上相當重要的指標，不少研究指出側化和慣用側在物種演化上似乎佔有優勢。在動物行為 2018 年 1 月的期刊研究中指出，社會程度愈高的動物，其慣用手程度愈明顯。於是我們想知道在無脊椎動物中的昆蟲是否具有無慣用前腳及方向選擇上的偏好。

### 三、探究目的與假設

#### (一) 探究目的：

1. 探討蟋蟀群體間在方向選擇時有無偏好
2. 探討光照、磁場等變因的改變是否會影響蟋蟀群體的方向選擇偏好
3. 探討蟋蟀群體間在前腳使用上有無偏好邊（慣用前腳）
4. 探討蟋蟀個體間在慣用前腳偏好和跨越坑洞能力之關係

#### (二) 探究假設：

從文獻中觀察到構造複雜、社會程度越高的動物方向偏好或慣用側越明顯，故推測蟋蟀身為昆蟲的一員，相較於脊椎動物，在方向選擇中或許無明顯偏好，且群體中無慣用前腳。

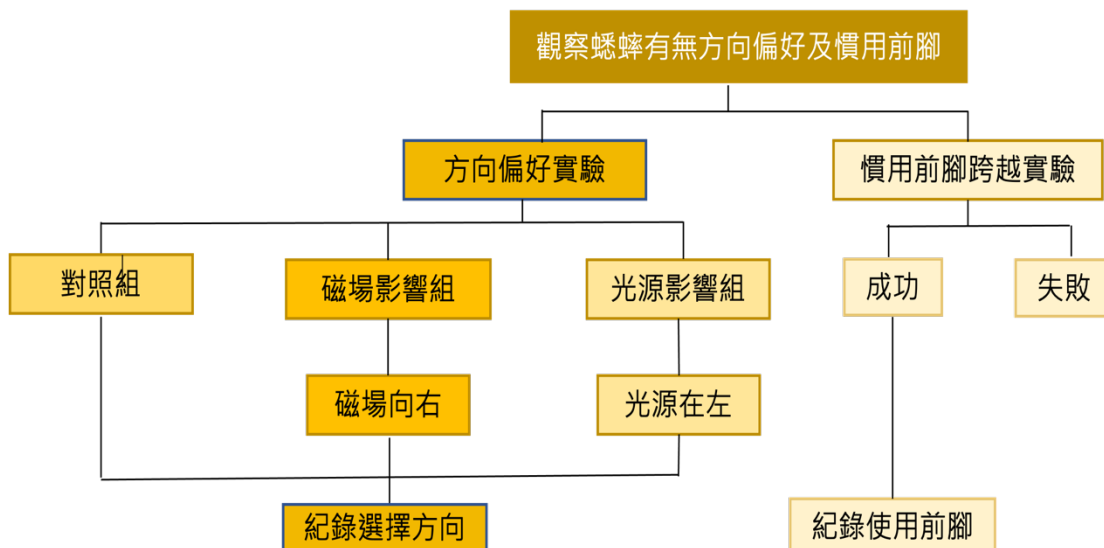
### 四、探究方法與驗證步驟

#### (一) 實驗器材：

1. 裝置製作材料：塑膠瓦楞板、快乾、膠帶、剪刀
2. 拍攝工具：手機
3. 磁場組器材：電源供應器、漆包線線圈 / 光源組器材：LED 燈
4. 統計軟體：Excel、Prism8
5. 實驗對象：黃斑黑蟋蟀



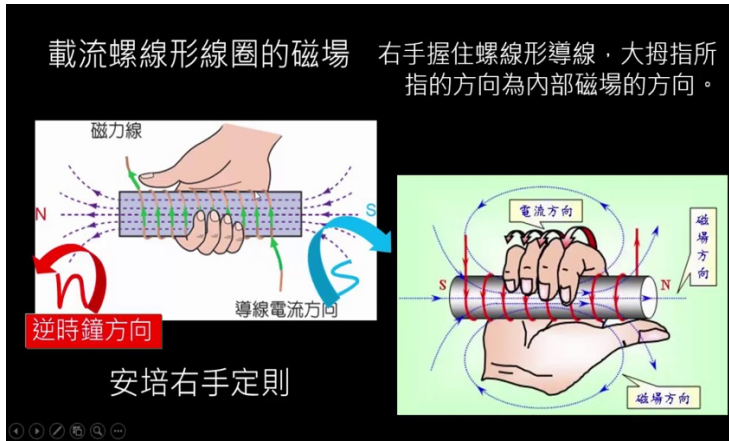
(二) 探究實驗架構



(三) 實驗設計與步驟

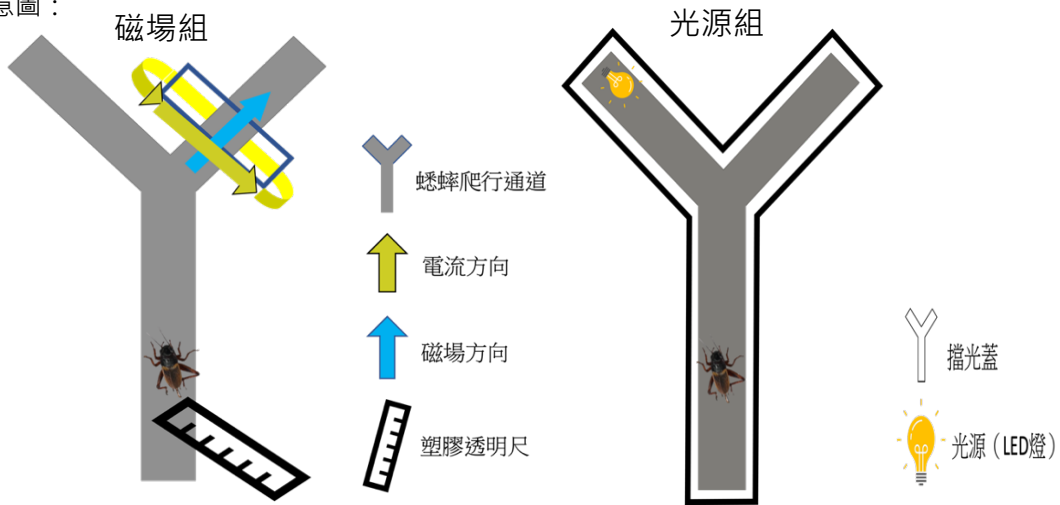
實驗一、方向偏好實驗			
組別	對照組	磁場影響組	光源影響組
實驗圖片			
實驗步驟	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 把蟋蟀放到裝置中。</li> <li>2. 用尺輕推，使蟋蟀爬向分岔處。</li> <li>3. 設定好蟋蟀需要走到通道一半的位置才列入數據。</li> <li>4. 觀察蟋蟀選擇哪一邊走道。</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 每隻單獨測試 20 次，共測 39 隻蟋蟀。</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用電磁感應原理，透過通電線圈產生磁場。</li> <li>2. 將漆包線圈穿入 Y 型通道右側，並通上 3V 直流電</li> <li>3. 將蟋蟀置於 Y 型通道末端</li> <li>4. 用尺輕推，使蟋蟀爬向分岔處</li> <li>5. 設定蟋蟀爬到通道一半才可列入數據</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 每隻單獨測試 20 次，共測 20 隻蟋蟀。</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將蟋蟀置於 Y 型通道末端</li> <li>2. 將蟋蟀輕推至中央。</li> <li>3. 開啟電燈並蓋上蓋子以隔絕環境光線。</li> <li>4. 靜待 30 秒後開蓋並確認蟋蟀位置。</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 每隻單獨測試 20 次，共測 20 隻蟋蟀。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 圖示：裝置蓋上遮光蓋</li> </ul>

● 電磁感應原理



圖源：均一教育平台

● 裝置示意圖：

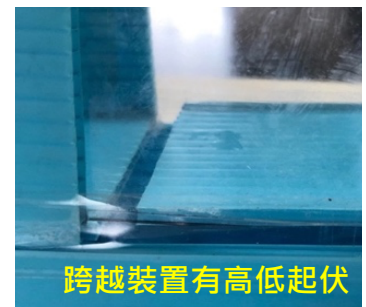


實驗二、慣用前腳跨越實驗

將蟋蟀置入裝置中	用手機紀錄	成功跨越則紀錄使用側	失敗則落入坑洞
 引導蟋蟀前進方向		 左前腳	

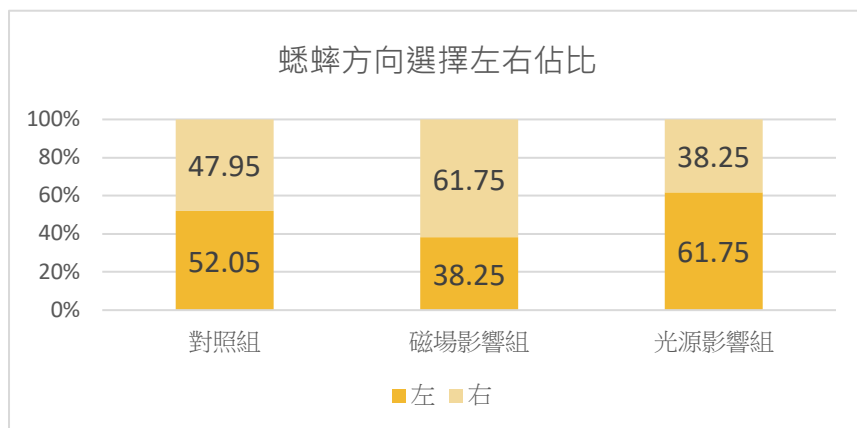
● 實驗步驟

1. 將蟋蟀放入跨越坑洞的裝置中。
2. 放玉米在坑洞對面 1 公分位置引誘或用直尺將其推至坑洞旁。
3. 用手機錄下跨越情形，若成功跨越，紀錄蟋蟀先跨過坑洞的前腳是哪一邊。
4. 單一蟋蟀由裝置左到右、右到左各 10 次。共 23 隻成功做完 20 次。



(四) 探究實驗結果與分析

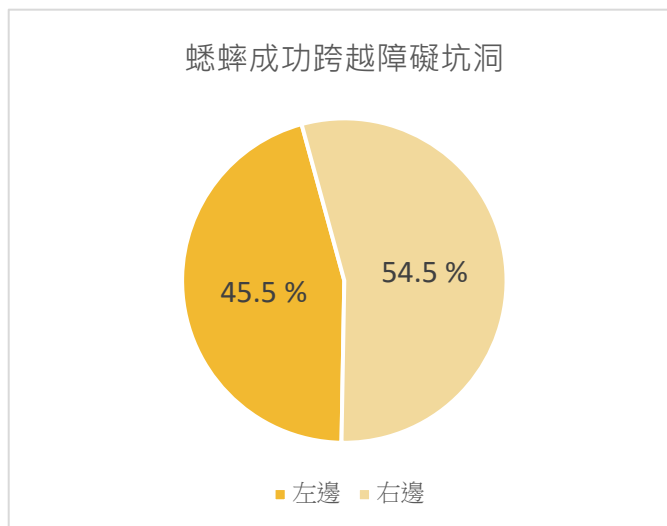
➤ 實驗一、方向偏好實驗



	對照組	磁場影響組	光源影響組
左 (次)	406	153	247
右 (次)	374	247	153

1. 蟋蟀選擇往左邊通道比例佔 52.05%、右邊佔 47.95%，左邊比例略高。從比例上並無發現明顯方向偏好。由此我們推論，蟋蟀群體在方向選擇上並沒有明顯的整體偏好，偏向於隨機選擇。以硬幣舉例，在單獨幾次內投擲正反面的出現機率是不固定的，但在長期不斷重複下正反兩面的機率將會愈趨近平均值，也就是所謂大數法則。
2. 在通道右側加入磁場後，蟋蟀選擇往左邊通道比例佔 38.25%、右邊佔 61.75%，右邊比例明顯較高。從比例上可推知在此實驗中，蟋蟀群體偏好右邊。由此結果得知蟋蟀是可以感知到磁場變化，進而影響其方向選擇。
3. 在通道左側加入光源後，蟋蟀選擇往左邊通道比例佔 61.75%、右邊佔 38.25%，左邊比例明顯較高。從比例上可推知在此實驗中，蟋蟀群體偏好左邊。從很多資料都顯示蟋蟀有某種程度的趨光性，由實驗結果亦可發現蟋蟀選擇有光源那一側的比例是有明顯較高的。

➤ 實驗二、慣用前腳跨越實驗



1. 蟋蟀跨越坑洞時成功用左前腳跨越的次數中佔 45.5%、右前腳佔 54.5%，右邊比例略高，從比例上亦無明顯觀察到蟋蟀群體間的前腳使用偏好。加上上述在方向選擇實驗中的對照組實驗結果，在無任何外加因素時，蟋蟀選擇左右兩邊的百分比例為 52.05%、右邊佔 47.95%，兩種實驗左右邊數據差距皆在 5%內，且兩者選擇多寡剛好相反。總和推論蟋蟀在整個方向選擇和慣用邊更看出了無特定偏好的現象。

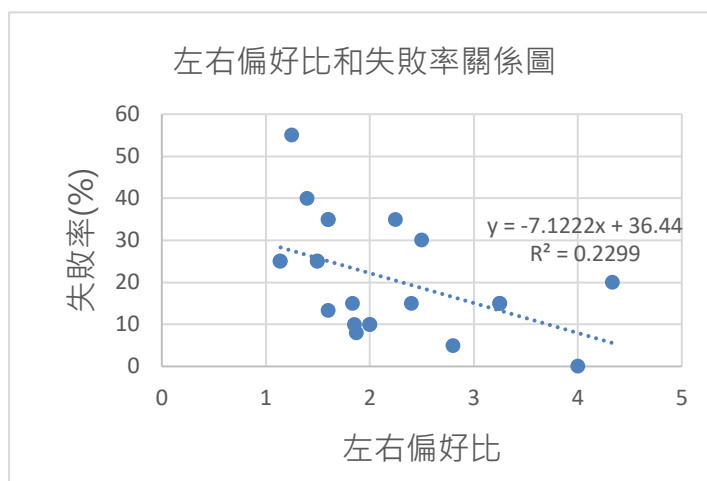
編號	左比例	右比例	左右偏好比	失敗率
1	0.45	0.2	2.25	35
2	0.65	0.2	3.25	15
3	0.25	0.2	1.25	55
4	0.6	0.3	2	10
5	0.35	0.4	1.14	25
6	0.4	0.25	1.14	25
7	0.32	0.6	1.6	35
8	0.25	0.65	1.88	8
9	0.1	0.4	1.86	10
10	0.533	0.33	1.6	13.3
11	0.2	0.5	2.5	30
12	0.2	0.8	4	0
13	0.3	0.45	1.5	25

編號	左比例	右比例	左右偏好比	失敗率
14	0.15	0.65	4.33	20
15	0.65	0.2	3.25	15
16	0.4	0.25	1.6	35
17	0.25	0.6	2.4	15
18	0.55	0.3	1.83	15
19	0.25	0.35	1.4	40
20	0.7	0.25	2.8	5
21	0.3	0.45	1.5	25
22	0.3	0.6	2	10
23	0.3	0.35	1.167	35

表一

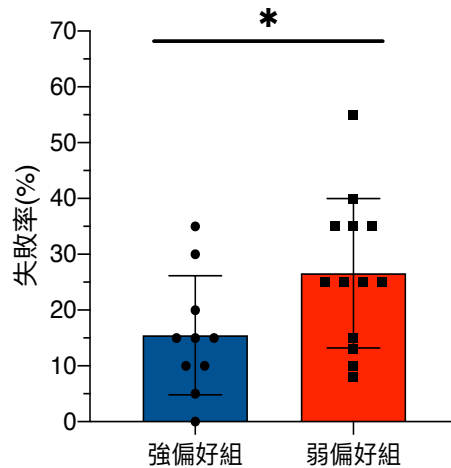
- ◆ 左比例：使用左前腳成功跨越坑洞次數/總次數。
- ◆ 右比例：使用右前腳成功跨越坑洞次數/總次數。
- ◆ 左右偏好比：左比例和右比例中較大者 / 較小者。
- ◆ 失敗率：跨越失敗次數 / 總次數 x 100 %。

2. 從表一中雖在群體中無觀察到蟋蟀有慣用前腳的偏好，但從表中可觀察到某些個體是有一定程度上的偏好，例如在左右偏好比數值中，編號 1 左右偏好比：2.25、編號 2 左右偏好比：3.25、編號 14 左右偏好比：4.33，顯示這些個體有偏好某一邊的前腳。而部分個體左右偏好比接近 1，例如：編號 5&6 左右偏好比：1.14，兩邊前腳使用比例非常接近，代表這些個體無明顯偏好。



3. 左右偏好比和失敗率間呈現負相關，相關係數  $R^2=0.2299$ ，雖相關程度不夠明顯 ( $R^2$  要趨近於 1)，但仍可看出整體趨勢為左右偏好比程度越高的蟋蟀個體，在跨越實驗時的失敗率有越低的情形，兩者之間關係呈現負相關。

左右偏好比與失敗率關係



4. 將 (表一) 內數據左右偏好比  $\geq 2$  者設為強偏好組,  $< 2$  者設為弱偏好組, 利用 T-Test 比較這兩組之間的失敗率數據, 得到 \*  $p=0.0433$  ( $< 0.05$ ), 結果顯示在強偏好組和弱偏好組這兩組之間的失敗率有顯著差異。強偏好組在跨越坑洞時失敗率較低, 弱偏好組跨越坑洞時失敗率較高。

**(五) 用演化角度看探究結果：**

有特定偏好邊或慣用前腳的現象, 對於蟋蟀群體可能存在著某些風險。若群體習慣全部選擇同一慣用邊, 在演化過程中可能出現某些天敵, 在面對蟋蟀選擇結果預測到他們的選擇而提高被捕食機率。無特定慣用邊則可以讓物種保持最大存活率。再以慣用邊優勢的角度探討, 我們認為擁有顯著慣用前腳的蟋蟀, 因較常使用某一邊前肢, 使其前肢較有力, 對攝食、挖掘土壤和移動速度方面幫助較大; 相較弱慣用偏好的蟋蟀個體則展現較佳的競爭力。基於 trade-off 的原因, 演化至現在即使蟋蟀群體中有存在著強偏好的個體, 在生存上或許存在某種優勢, 但尚未發展至群體中, 所以整體蟋蟀的左右選擇或慣用前腳機率卻是平均的 (隨機的)。

**五、結論與生活應用**

**(一) 探究結論**

1. 實驗數據並無發現蟋蟀群體間無明顯方向偏好, 但群體間會有偏好某一邊的個體。
2. 磁場和光源是否影響蟋蟀方向選擇：
  - (1). 外加磁場至方向選擇裝置時, 蟋蟀選擇偏好有顯著差異, 蟋蟀偏好選擇有磁場的那一邊。
  - (2). 外加光源至方向選擇裝置時, 蟋蟀選擇偏好有顯著差異, 蟋蟀偏好選擇有光源的那一邊。
3. 實驗數據顯示蟋蟀在群體間沒有明顯慣用前腳偏好。但群體間會有個體有明顯慣用前腳。
4. 個體之慣用前腳現象越明顯 (左右偏好比越高), 跨越過程中失敗率越低。

**(二) 連結生活：**

脊椎動物中常見的方向偏好和慣用手 (腳), 都有在人類、貓咪或雞等物種間發現。而經過本次實驗, 在蟋蟀身上發現的結果, 應可以多少證明昆蟲之間, 甚至是無脊椎動物中, 在物種的群體間似乎還未發展出像人類這般明顯的方向偏好或慣用手 (腳), 可是在群體中會發現強烈偏好的個體。把同一個現象放到不同類群的物種去觀察, 原來會有這麼不一樣的結果, 未來有機會還可以探討更多不同物種有沒有方向偏好或慣用手 (腳)

**參考資料**

1. 《小強往哪跑! ? 》- 2015 全國科學探究競賽-這樣教我就懂 <https://reurl.cc/QjQdAZ>
2. 蜜蜂飛行方向偏好 <https://reurl.cc/dXZ0j8>
3. 你家的貓是左撇子還是右撇子? 來看看怎麼分辨 <https://reurl.cc/QjQdQO>
4. Adrian T. A. Bell 《Strength of forelimb lateralization predicts motor errors in an insect》