

# 嘉義市第38屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：生物科

組 別：國小組

作品名稱：黃金葛之歌

關 鍵 詞：發芽，莖節，音樂 （最多三個）

編 號：

製作說明：

- 1.說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
- 2.編號由承辦單位統一編列。
- 3.封面編排由參展作者自行設計。

## 摘要

近年來有研究發現植物的生長會受到音樂影響，不同類型音樂產生的作用被廣泛的報導，但是音樂多是被以風格、派別分類來說明或探討，例如爵士音樂對植物生長的影響，而非以物理性質與樂音的三要素做推論。因此，我們決定先分析音樂的物理和樂音三要素的特性，再透過實驗觀察音樂對植物生長的影響。首先選取一首巴哈賦格樂曲和一首死亡重金屬搖滾樂曲，透過樂曲編輯軟體分析樂曲的樂音性質和物理性質。接著，將這兩種不同類型的樂曲對著水插黃金葛播放一段時間後，觀察黃金葛的發芽生長是否受到影響。我們得到四點結論：結論一：巴哈賦格樂曲加速了葉子的發芽生長，而且速率最快。結論二：巴哈的賦格樂曲比死亡重金屬樂曲更能促進黃金葛發芽生長。推論原因是巴哈賦格樂曲表現出音高低、音量低、音量固定或有漸進式的變化，且具有鋼琴音色的特性。結論三：巴哈賦格樂曲的頻率、振幅與波形的特性有助於黃金葛發芽生長。結論四：就發芽生長的角度來看，聽重金屬音樂的與對照組的差異不大，推論重金屬音樂對發芽生長沒有影響。

### 壹、研究動機

近年來有學者專家的研究發現植物是複雜的生物體，有嗅覺、聽覺、不同類型的記憶和防禦能力，讓植物聽音樂會加速其生長，更有農民讓植物聽音樂來促進花朵盛開，讓乳牛聽音樂來增加牛奶產量等，這些報導引發我們探究的興趣，在搜尋與閱讀科學文獻之後，我們得知聲波讓植物葉片產生振動，聲音震動的頻率可能會刺激葉片氣孔的開放，有利於植物吸收更多的露水，更多的光能和幫助它成長。因此我們決定學以致用，利用自然課(翰林五上第二單元「植物的奧秘」)教過的扦插法，扦插黃金葛的葉片，再對著黃金葛的葉片播放音樂，來研究黃金葛發芽生的長情形。










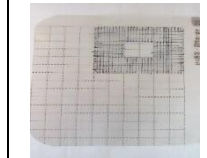
### 貳、研究目的

- 一、探究不同類型音樂的物理性質和樂音三要素的性質。
- 二、探究不同類型音樂對黃金葛發芽生長的影響。
- 三、探究音樂與植物氣孔之間的關係。

### 肆、實驗器材與設備

數位相機 1 台，電腦 1 台，手提音響 1 台，顯微鏡 1 台，電子秤 1 台，手機 1 隻，黃金葛一盆，吸音板，透明方格紙，樹脂，尺，鏟子，塑膠盛水容器 9 個。如表 1。

表 1 實驗器材與設備

				
數位相機	電腦	手提音響	顯微鏡	黃金葛
				
塑膠盛水容器	吸音板	電子秤	尺，鏟子、樹脂	透明方格紙

## 伍、研究過程與方法

問題一、巴哈的賦格曲和死亡重金屬樂曲產生的聲波有不同的物理性質嗎？

(一) 實驗構想：我們在網路上瀏覽植物的知識時讀到不同類型的音樂對植物的發芽、開花等生長有幫助，因此我們想要了解不同類型的音樂的物理性質。

(二) 實驗方法：

1. 選擇兩首樂曲，一首是巴哈的樂曲，另一首是死亡重金屬搖滾音樂。屬於重金屬音樂的一個分類。
2. 巴哈的賦格樂曲的曲目是降 A 大調前奏曲&賦格，BWV-862，演奏樂器是鋼琴，賦格是的一種固定的創作形式，主要特點是相互模仿的聲部以不同的音高，在不同的時間相繼進入，按照對位法組織在一起。主要結構是首先在一個聲部上出現一個主題片段（Subject），然後在其他的聲部上模仿這個片段（Subject），這時演奏主題的聲部演奏與新的聲部相對應的樂句，形成各個聲部相互問答追逐的效果。
3. 死亡重金屬搖滾音樂的曲目是水泥牆上的象形文字，出自病理學(Pathology)樂團的重生殺人(Reborn to kill)專輯，死亡金屬是重金屬搖滾音樂的一種極端子類型。它通常採用了嚴重的失真和低調校吉他，表演技巧如打手掌和顫音，深咆哮聲，進取，強大的擊鼓和爆炸節拍技術，小調或無調性，突然的節奏，重點和時間記號(time signature)變化以及半音和弦。
4. 利用 Audacity 音樂剪接軟體讀取兩首音樂。Audacity 將聲音的振幅隨時間的變化以圖形來表示，在軟體上顯示聲音波形，當波的振幅增加，我們感受到的音量便會增大。在單位時間內振幅的次數越多表示頻率越高。
5. 比較兩首音樂的波形。如圖 1 和表 2。
6. 比較兩首音樂的樂音三要素。如表 3。

(三) 實驗結果：

圖 1-1 巴哈的樂曲的振幅與頻率

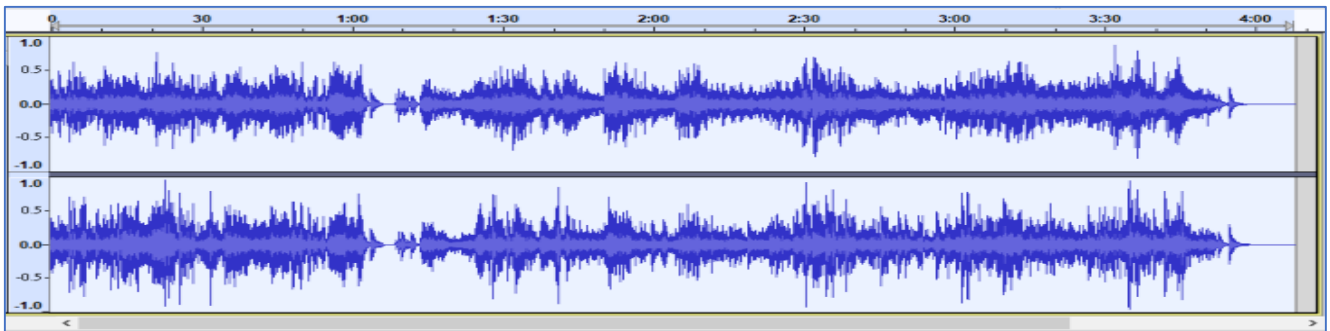


圖 1-2 巴哈的樂曲的振幅與頻率

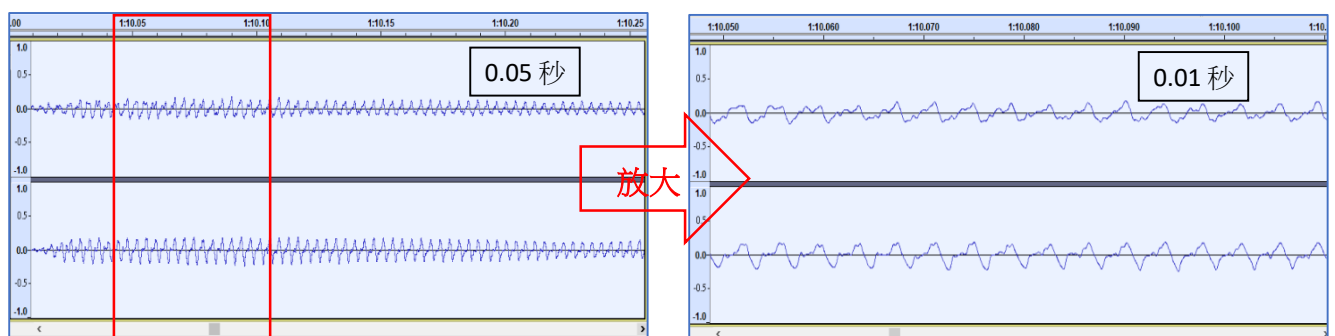


圖 1-3 巴哈的樂曲的振幅與頻率

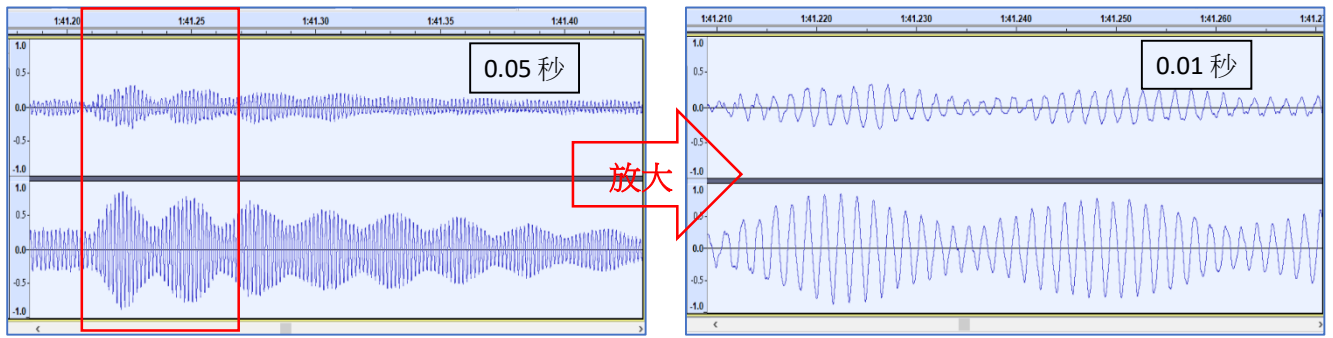


圖 1-4 巴哈的樂曲的振幅與頻率

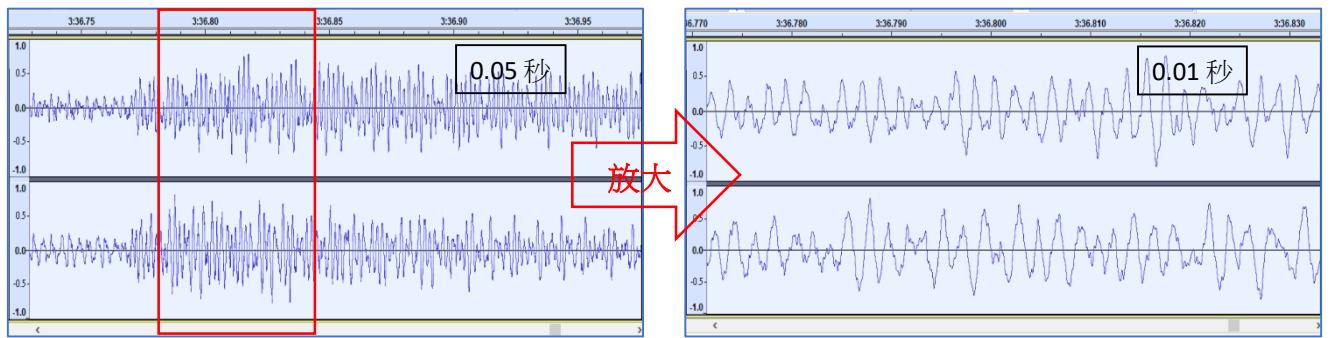


圖 1-5 死亡金屬搖滾音樂的振幅與頻率

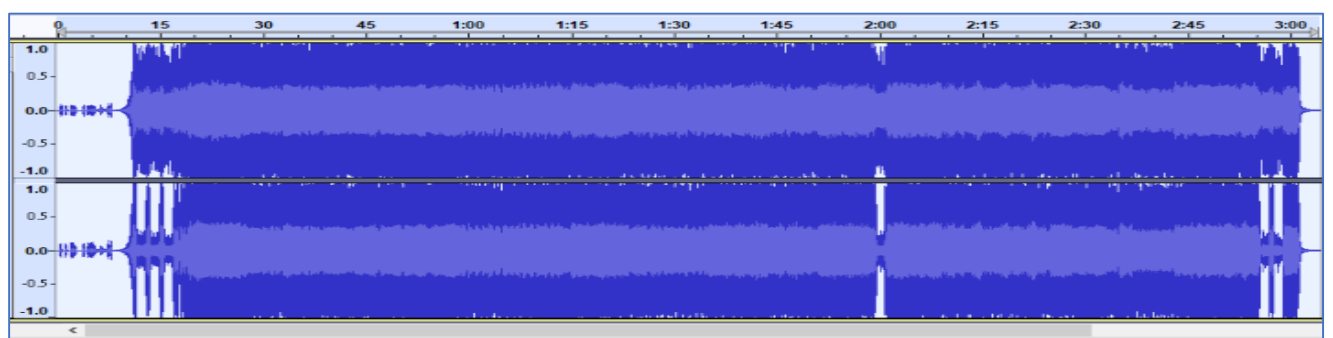


圖 1-6 死亡金屬搖滾音樂的振幅與頻率

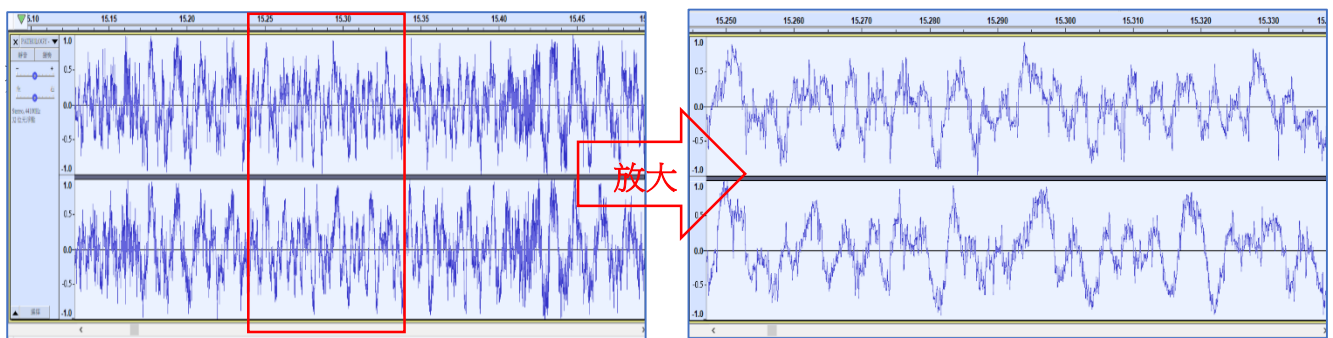


圖 1-7 死亡金屬搖滾音樂的振幅與頻率

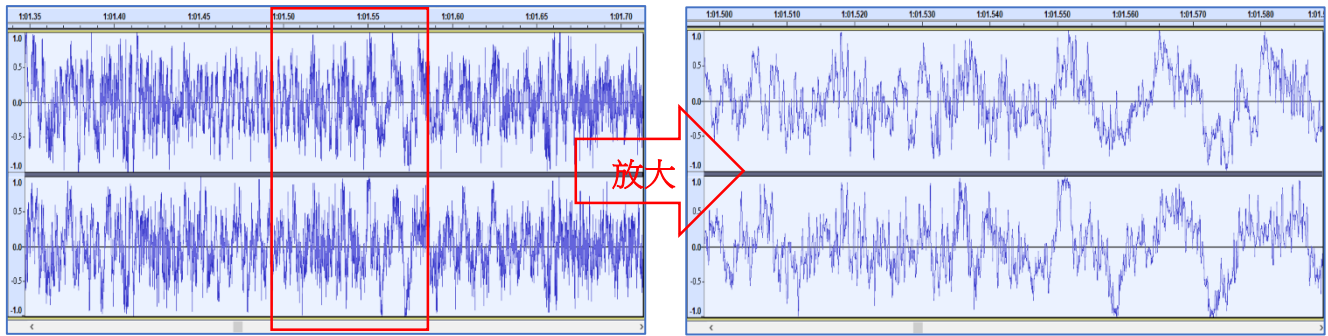


圖 1-8 死亡金屬搖滾音樂的振幅與頻率

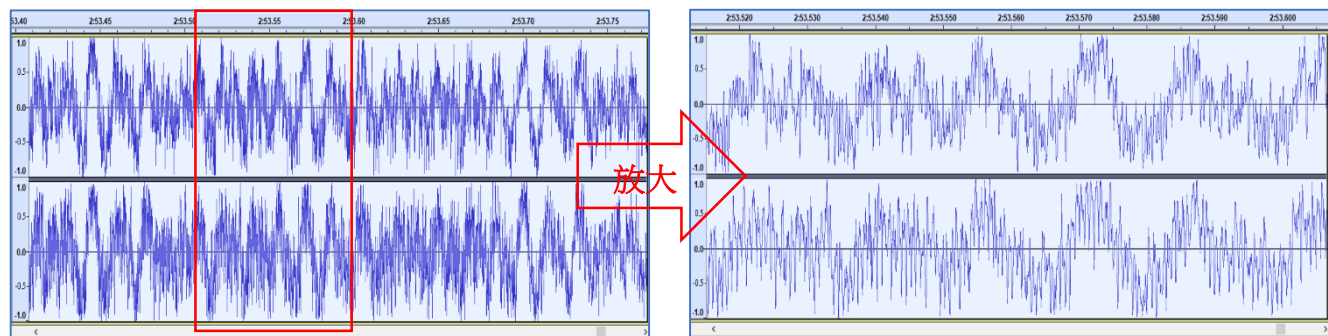


表 2 不同音樂的聲波性質比較

	巴哈賦格曲	死亡重金屬音樂
波形	1. 波形明顯、容易分辨單一獨立的波 2. 有規律性、長時間出現	1. 波形複雜，不容易分辨單一獨立的波 2. 波形變化大
振幅	1. 絕大部分在-0.5~0.5 之間 2. 有變化時是漸進的 3. 會維持固定一段時間	1. 會超出-1~1 的範圍 2. 變化大 3. 沒有連續且固定的情形
頻率	1. 低	1. 高

表 3 不同音樂的樂音性質比較

	巴哈賦格曲	死亡重金屬音樂
音高(頻率)	1. 低	1. 高
音量(振幅)	1. 低 2. 固定 3. 有漸進式的變化	1. 過高或過低 2. 變化大
音色(波形)	1. 單獨一架鋼琴的聲音	1. 人聲、吉他以及鼓混合的聲音

問題二、聽不同類型音樂對黃金葛的生長發育有不同影響嗎？

(一) 實驗構想；我們在網路上瀏覽植物的知識時看到聽音樂會促進花朵的盛開、促進種子發芽與生長的報導，因此我們想要以黃金葛為研究對象，設計實驗來觀察聽音樂的葉子與不聽音樂的葉子，它們的發芽生長是否相同。



## (二) 實驗方法：

- 黃金葛水插法：挑選有氣根的莖節，連同葉片剪下，插入裝有自來水的透明塑膠杯中。
  - 樣本的來源：9片葉子來自同一株黃金葛，每一片葉子是綠色帶有部分黃色斑紋，且有氣根生長的跡象。按照葉面大小分成大、中、小三群，每一群有三片，分配到3個實驗組別，分別是重金屬組、巴哈組以及對照組。如圖2和圖4。
  - 黃金葛的莖節必須浸沒在水中。
  - 一發現水中有青苔，就把9片葉子的水都換新。

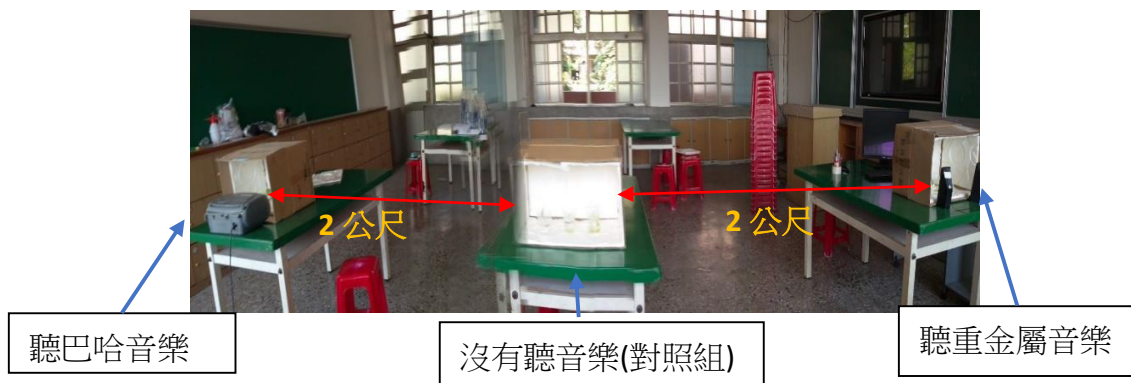
圖2 黃金葛葉子



## 二、實驗場地設置：

- 把吸音板黏貼於紙箱內製成隔音箱，每一個隔音箱內放進一個實驗組別的3個樣本。
- 三個隔音箱擺設在同一間教室裡的大桌上。隔音箱之間相隔2公尺。如圖3。
- 開啟教室氣窗，使室內空氣流通。

圖3 實驗場地設置



## 三、控制音樂：

- 音量控制：使用手機 APP 的 sound meter 量測音量，環境音量在 45~50 db 之間 (無法控制)，在播放音樂的隔音箱內，當音樂播放時，調整音量控制在 56~60 db 之間。
- 兩首音樂同時間播放，同時結束。每天播放 4 小時，上午及下午各有 2 小時，每周六、日沒有播放。共播放 7 週。
- 播放音樂時，我們無法在放置對照組樣本的隔音箱內聽見任何音樂。
- 沒有播放音樂時，將樣本移到隔音箱外面的桌上，讓植物待在空氣流通的環境。

## 四、萬寶樹脂印模法：根據文獻資料，黃金葛為雙子植物，氣孔多分布於下表皮，樹脂為水溶性，對細胞無害。透過樹脂模我們可以在顯微鏡下觀察植物的氣孔，製作步驟如下：

- 在葉子的下表皮塗一層萬寶樹脂，盡量要均勻呈現白色。
- 5-10 分鐘後，樹脂風乾變成透明無色，用鑷子撕下，就完成葉子形狀的樹脂模。
- 哈一口氣在載玻片上，就可以把樹脂模黏在載玻片上。
- 實驗第 0 周以及第 7 週結束時進行。

五、測量植物生長情形：

1. 實驗第 0 週 (第 1 天)開始到第 7 週結束，每周 1 次，測量每個樣本的面積、重量、葉柄長和氣根長，監測發芽狀況並記錄芽長。

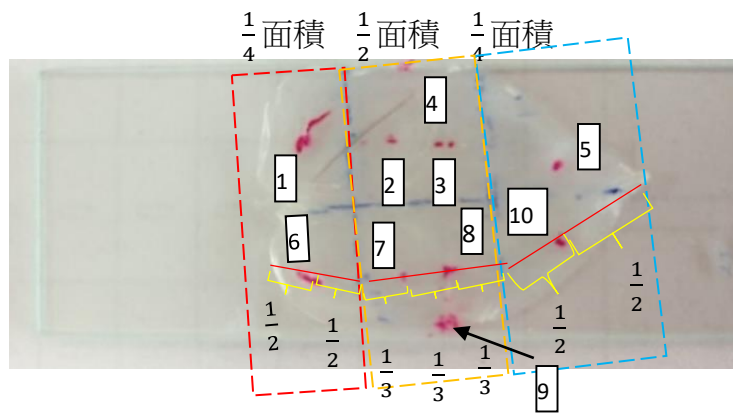
六、計算葉片面積：

1. 將方格紙上 1 平方公分的格子平均分割成 25 小格、每一小格是 0.2 公分 X 0.2 公分的小方格正方形。
2. 把方格紙放在葉子上方，輕輕壓下，讓葉子攤平。
3. 統計葉面所含蓋蓋的小方格數目，將數目乘以 0.04 平方公分。

七、顯微鏡觀察氣孔：

- 1.在每一片樹脂模上標示 10 個點作為觀察的點，在以 15X10 的放大倍率觀察。

圖 4 氣孔觀察點的定位





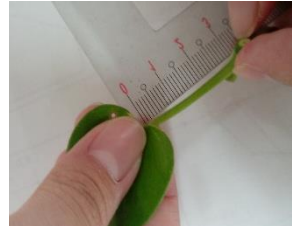
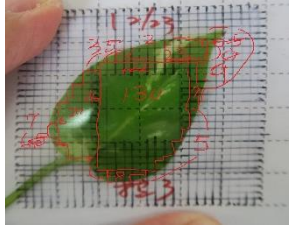

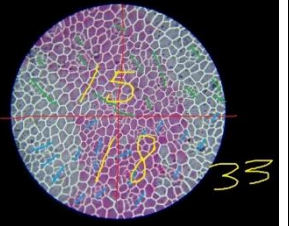




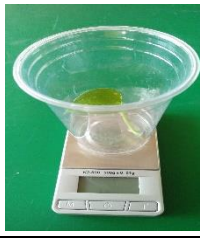
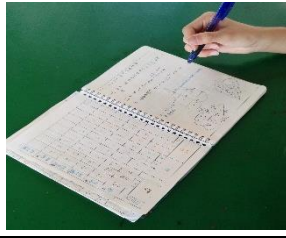
- 2.用相機拍下顯微鏡中的視野景像，用小畫家讀取照片，統計出每 1 點的氣孔數。

八、監測氣溫：每天早上用溫度計測量氣溫，實驗期間測得氣溫範圍是 20°C ~ 25°C 之間。

九、監測照度：每天早上用手機 APP 的照度計測量照度，實驗期間測得樣本所受的照度維持在 10240lu 左右，我們無法知道這個數值的合理性，但肯定的是，陽光對每一個實驗組別的影響是一致的。

表 4 實驗的操作過程與記錄實驗測量結果

			
聽重金屬音樂樣本	對照組樣本	聽巴哈音樂樣本	分貝計測量音量
			
量測葉柄長度	測量葉面面積	製作樹脂模	統計氣孔數目

			
用顯微鏡觀察印模	量測氣根長度	觀察秤重	觀察記錄

### (三)實驗結果

表5 重量變化觀察紀錄(公克)

樣本名稱		週數								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
實驗	重金屬(小)	6.6	6.8	7.1	6.2	7.6	7.5	7.7	7.3	
	巴哈(小)	7.4	8.1	8.3	7.9	8.5	8.8	7.8	6.7	
對照	對照(小)	6.3	7.4	7.3	7.6	8.1	8.1	8.0	6.2	
實驗	重金屬(中)	9.0	9.2	9.1	9.4	9.7	9.9	10.1	9.6	
	巴哈(中)	10.8	9.8	9.5	9.2	10.3	10.4	10.2	8.3	
對照	對照(中)	8.7	10.3	10.4	10.9	11.0	11.1	10.7	8.8	
實驗	重金屬(大)	11.1	12.2	12.6	12.7	13.3	13.1	12.9	11.5	
	巴哈(大)	12.8	12.7	14.0	13.5	13.3	14.0	13.7	11.8	
對照	對照(大)	13.5	11.7	11.9	11.7	12.2	12.3	12.6	10.3	

圖 5-1 小葉面重量的觀察統計圖

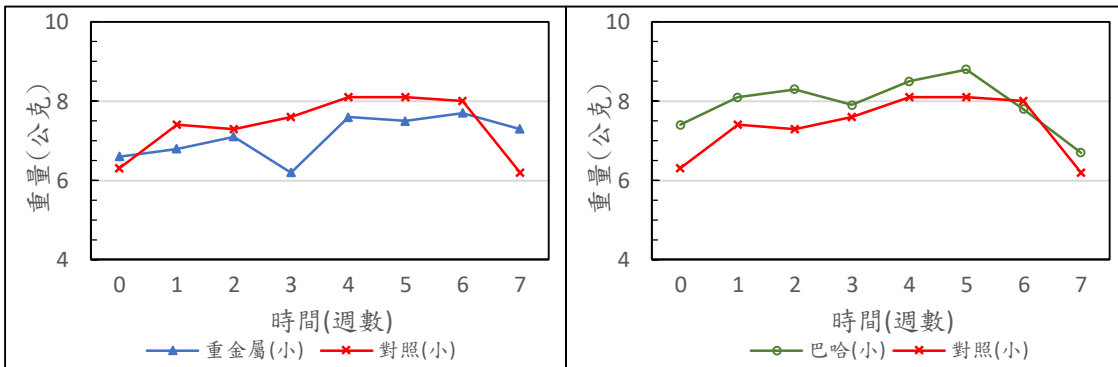


圖 5-2 中葉面重量的觀察統計圖

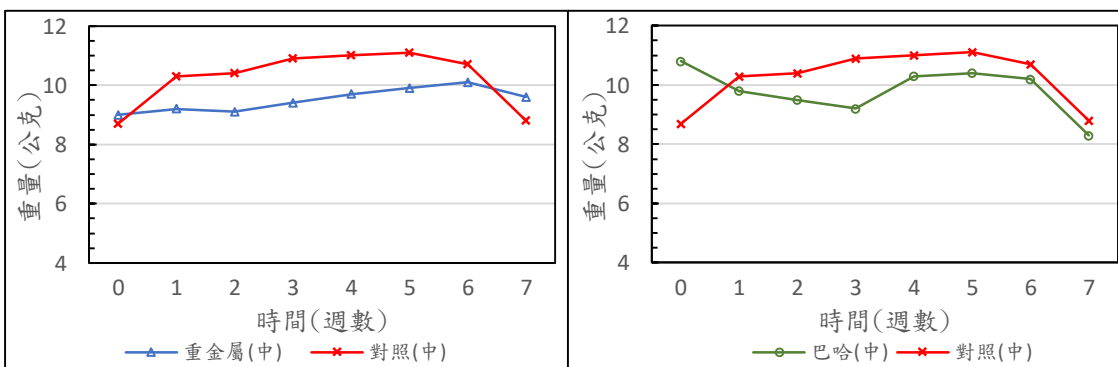




圖 5-3 大葉面重量的觀察統計圖

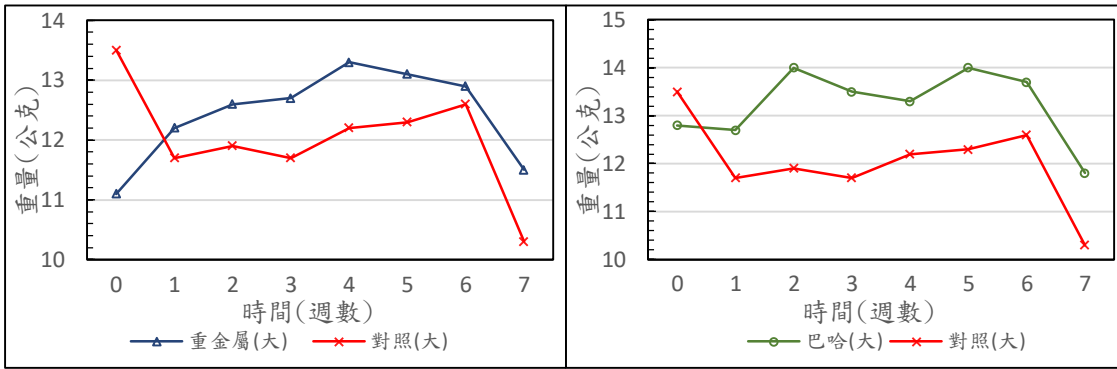


表 6 面積觀察紀錄(平方公分)

樣本名稱		週數								
		0	1	2	3	4	5	6	7	
實驗	重金屬(小)	7.7	7.5	6.2	6.5	6.5	6.5	5.9	6.0	
	巴哈(小)	6.4	6.5	6.3	6.0	6.1	5.8	6.0	5.8	
對照	對照(小)	6.4	6.4	5.4	6.4	5.7	5.9	5.3	5.9	
實驗	重金屬(中)	10.8	10.7	8.3	9.5	8.9	9.2	9.3	8.5	
	巴哈(中)	12.0	12.2	10.1	11.5	11.6	11.0	11.3	10.1	
對照	對照(中)	8.3	10.4	9.8	9.8	9.7	9.2	9.8	9.2	
實驗	重金屬(大)	15.0	14.9	13.3	12.3	12.4	12.6	12.0	12.4	
	巴哈(大)	14.2	12.2	13.2	13.9	13.5	14.1	14.0	13.5	
對照	對照(大)	11.0	11.8	11.6	9.9	11.5	11.5	11.3	12.6	

圖 6-1 小葉面面積的觀察紀錄統計圖

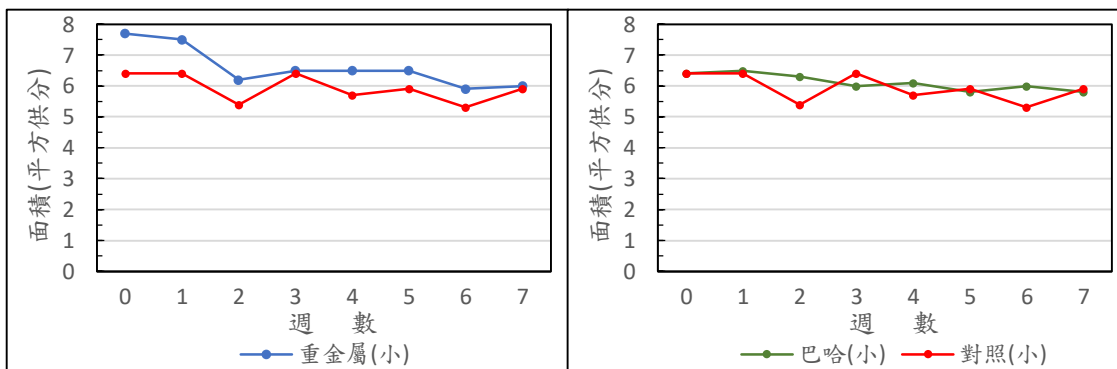


圖 6-2 中葉面面積的觀察紀錄統計圖

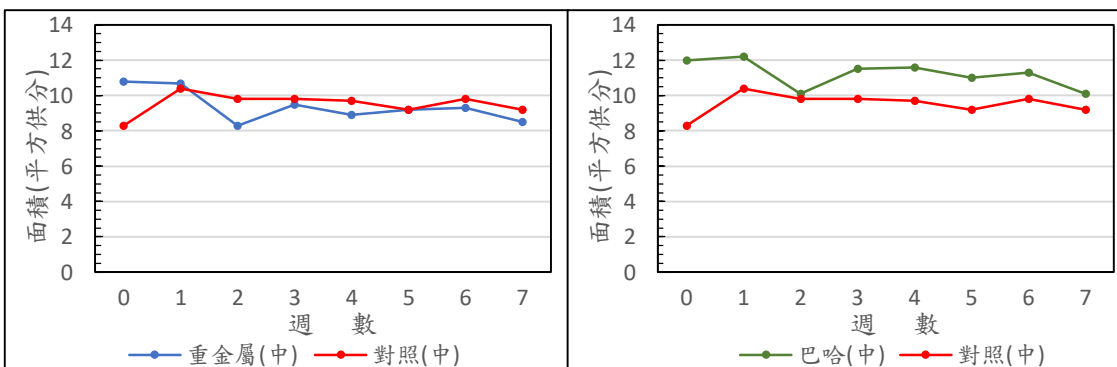


圖 6-3 大葉面面積的觀察紀錄統計圖

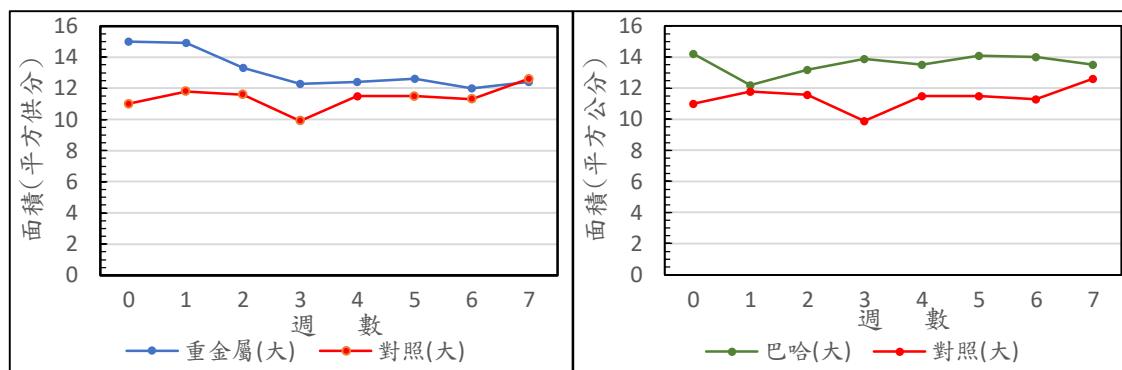


表 7 葉柄長觀察紀錄(公分)

樣本名稱		週數	0	1	2	3	4	5	6	7
實驗	重金屬(小)		3.5	3.3	3.2	3.7	3.5	3.1	3.3	3.0
	巴哈(小)		3.8	4.0	4.1	4.5	3.9	4.0	4.3	4.1
對照	對照(小)		5.7	5.5	5.2	5.0	6.0	5.9	5.4	5.4
實驗	重金屬(中)		2.6	2.7	3.5	2.2	3.0	3.0	2.9	2.8
	巴哈(中)		3.3	4.1	4.3	4.4	4.6	4.6	5.1	4.5
對照	對照(中)		3.8	4.2	4.3	4.0	4.5	4.3	5.0	4.2
實驗	重金屬(大)		3.4	3.1	3.3	3.2	3.7	3.7	3.6	3.8
	巴哈(大)		4.5	4.0	4.0	3.6	3.7	3.7	4.0	3.6
對照	對照(大)		6.2	6.1	5.5	5.3	6.1	6.1	5.8	5.6

圖 7-1 小葉面葉柄長的觀察統計圖

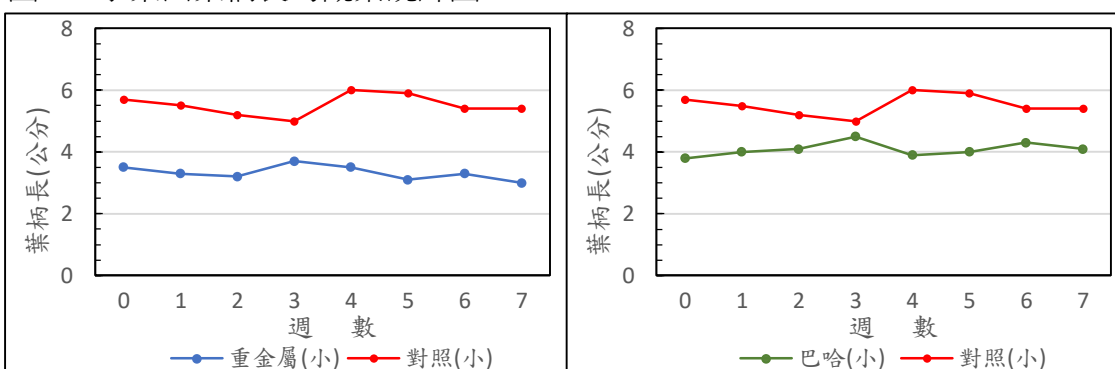


圖 7-2 中葉面葉柄長的觀察統計圖

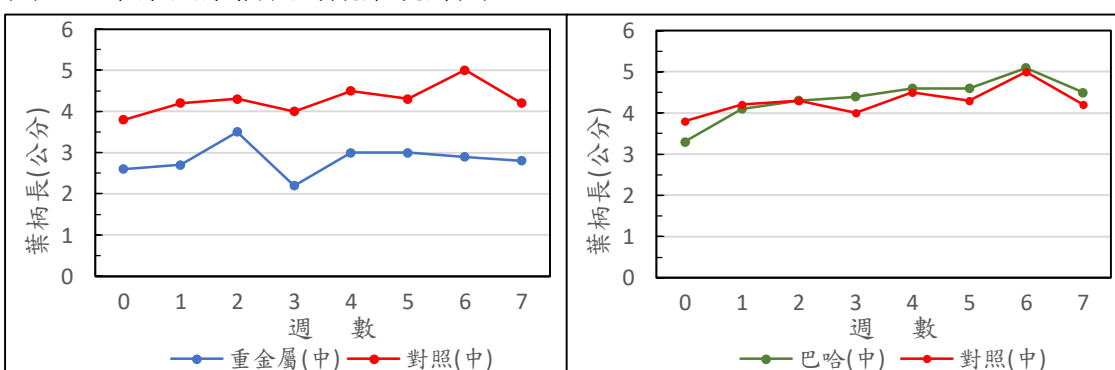


圖 7-3 大葉面葉柄長的觀察統計圖

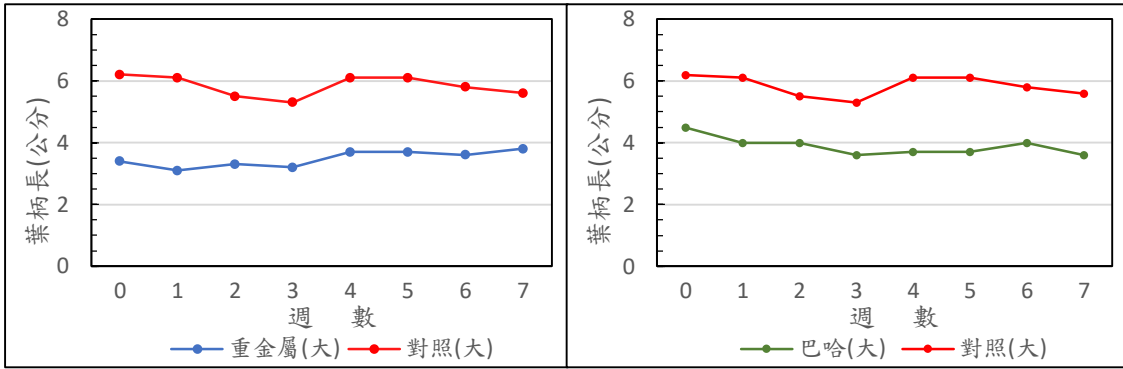


表 8 氣根長觀察紀錄(公厘)

樣本名稱		週數	0	1	2	3	4	5	6	7
		實驗	重金屬(小)	8	9	8	10	3	3	4
	巴哈(小)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
對照	對照(小)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
實驗	重金屬(中)	7	8	7	7	7	12	9	7	
	巴哈(中)	4	4	4	4	3	4	4	3	
對照	對照(中)	3	5	5	4	4	4	4	4	
實驗	重金屬(大)	16	16	15	14	13	18	16	17	
	巴哈(大)	6	6	6	6	6	8	6	6	
對照	對照(大)	3	3	3	3	2	2	3	4	

圖 8-1 小葉面氣根長的觀察統計圖

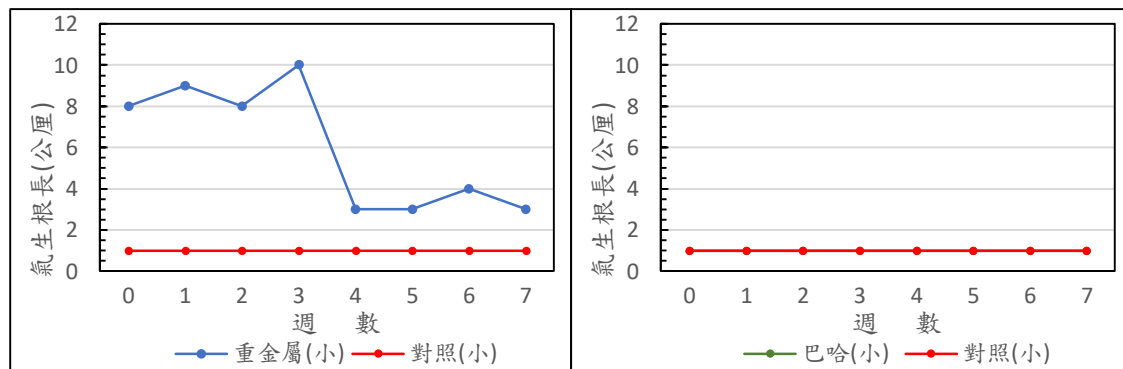


圖 8-2 中葉面氣根長的觀察統計圖

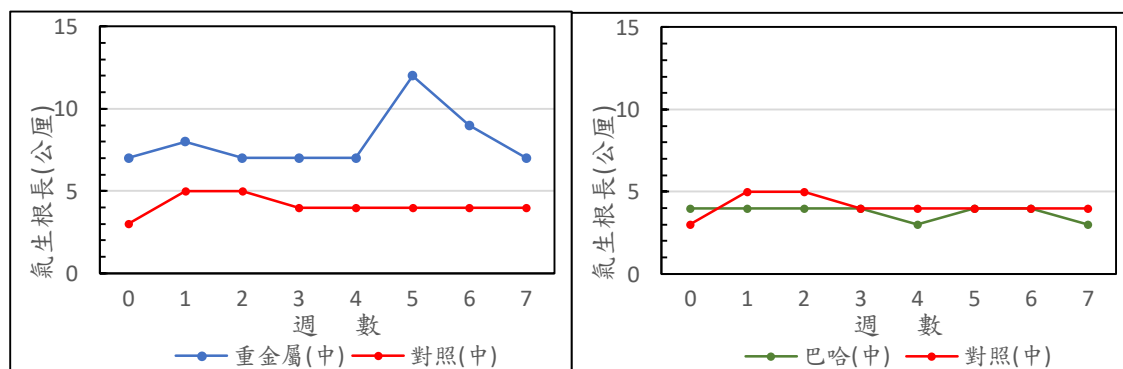


圖 8-3 大葉面氣根長的觀察統計圖

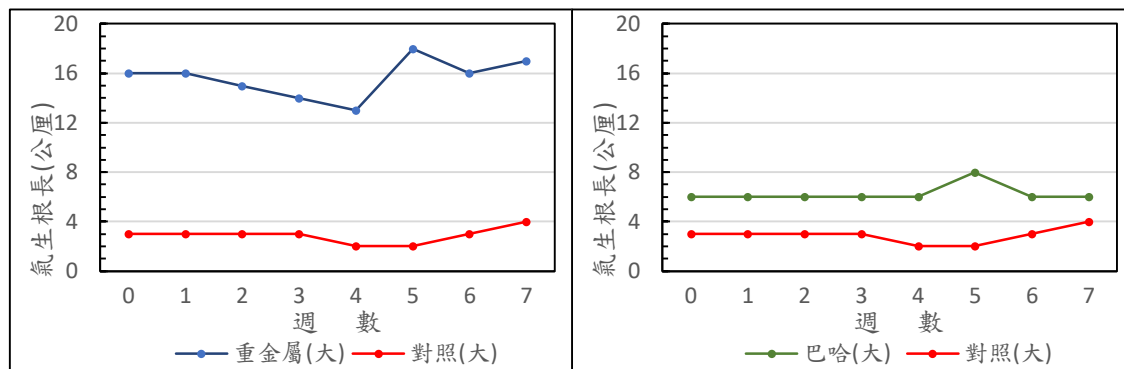


表 9-1 葉下表皮的氣孔數觀察紀錄

第0週	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總和	平均值	面積 (cm <sup>2</sup> )	氣孔總數
重金屬小	33	36	29	40	32	37	36	40	40	30	353	35.3	7.7	272
重金屬中	41	42	44	38	47	27	32	32	34	36	373	37.3	10.8	404
重金屬大	35	38	28	32	27	26	28	30	28	32	304	30.4	15.0	456
對照小	30	33	31	23	41	42	33	46	29	39	347	34.7	6.4	222
對照中	48	48	41	36	36	34	31	30	30	31	365	36.5	8.3	303
對照大	48	54	53	38	59	38	54	58	36	54	492	49.2	13.0	638
巴哈小	57	44	61	47	53	43	52	45	58	49	509	50.9	6.4	326
巴哈中	32	36	34	34	42	41	36	41	29	35	360	36.0	12.0	432
巴哈大	29	40	34	33	41	24	29	22	36	33	321	32.1	14.2	457

氣孔總數估計方式：氣孔總數= 10個氣孔數的平均值×葉面面積

表 9-2 葉下表皮的氣孔數觀察紀錄

第7週	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	總和	平均值	面積 (cm <sup>2</sup> )	氣孔總數
重金屬小	43	42	36	38	31	34	29	29	32	36	350	210	6.0	210
重金屬中	29	36	36	35	32	35	46	42	38	42	371	315	8.5	315
重金屬大	32	39	33	36	33	35	40	37	41	39	365	453	12.4	453
對照小	36	37	40	34	45	26	33	41	26	37	355	209	5.9	209
對照中	26	35	30	29	30	42	49	40	37	35	353	325	9.2	325
對照大	38	54	52	55	56	46	50	45	40	61	497	596	12.0	596
巴哈小	63	60	50	51	55	49	56	48	52	44	528	306	5.8	306
巴哈中	38	40	42	39	37	40	43	42	35	45	401	405	10.1	405
巴哈大	31	31	29	28	31	23	31	31	29	26	290	392	13.5	392





圖 10-1 小葉面發芽與芽長的觀察統計圖

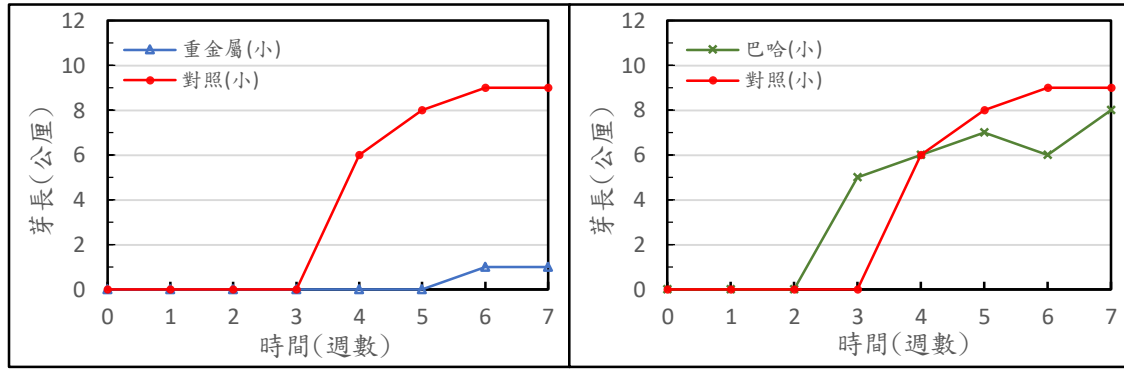


圖 10-2 中葉面發芽與芽長的觀察統計圖

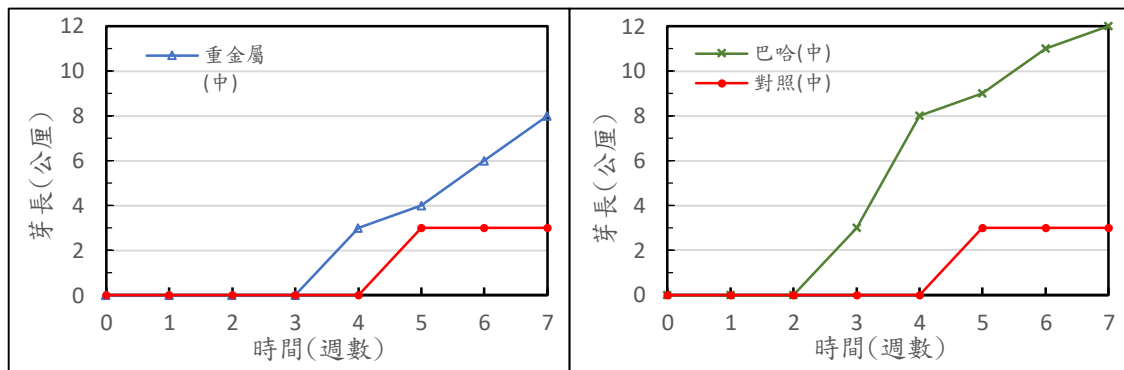


圖 10-3 大葉面發芽與芽長的觀察統計圖

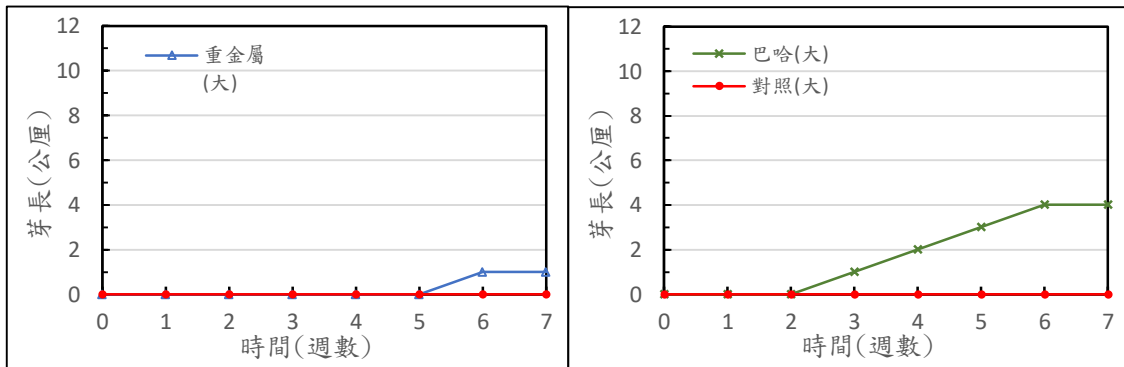


表 11 實驗組與對照組的發芽率與平均發芽長度

組別	重金屬	巴哈	對照
發芽率(%)	100	100	67
平均發芽長度(公厘)	3.3	8	4

表 12 發芽結果比較(照片)



#### (四)實驗結果分析

1. 發芽速率：根據圖 10，發現以下結果。
  - a.聽巴哈音樂的比聽重金屬音樂的快，同時也比對照組的快。
  - b.就中型葉子而言，聽重金屬音樂的比對照組的快。
  - c.就小型的和大型的葉子來說，聽重金屬音樂的比對照組的慢。
2. 發芽率：根據表 11，聽巴哈音樂的和聽重金屬音樂的都是 100%，比對照組的 67%高。
3. 平均發芽長度：根據表 11，聽巴哈音樂的最長，聽重金屬音樂的最短。
4. 發芽時間：根據圖 10，發現以下結果。
  - a.聽巴哈音樂的比聽重金屬音樂的早，也比對照組的早。
  - b.聽巴哈音樂的發芽時間非常一致，出現在第二週與第三週之間。
  - c.三種葉片大小不同的葉子中，只有聽重金屬音樂的中型葉子，其發芽時間比對照組的早。
5. 發芽與葉片大小：根據圖 10，發現以下結果。
  - a.對照組的大型葉片的葉子沒發芽。
  - b.小型葉片的葉子和中型葉片的葉子上，發芽的表現比大型葉片的葉子好。
  - c.聽重金屬音樂的大型葉片的葉子比較晚發芽，芽的長度短。
6. 氣孔總數：根據圖 9，發現以下結果。
  - a.聽巴哈音樂的：不論葉片的大小如何，氣孔總數是減少的。
  - b.聽重金屬音樂的：小型葉片上的和中型葉片上的有減少，大型葉片上的大致不變。
  - c.對照組的：有增加的，也有減少的。

#### 陸、討論

- 一、聽巴哈賦格樂曲得黃金葛是所有組別中發芽生長最好的。如比對死亡重金屬音樂，巴哈賦格樂曲表現出音高低、音量低、音量固定或有漸進式的變化，且具有鋼琴音色的特性。所以推論得知，巴哈賦格樂曲的頻率、振幅與波形的特性有助於黃金葛發芽生長。
- 二、黃金葛的氣根完全沒有生長，而發芽速率比較慢(參考文獻二)，我們推測是季節和氣溫的因素，本實驗在冬季進行，平均氣溫約在 20~25°C 之間，黃金葛長得比較緩慢。
- 三、就大型葉片的葉子來說，沒有聽音樂的完全沒發芽，聽音樂的卻有發芽生長，這個結果令人好奇，我們大膽假設：大型葉片已經達到某種生長限度，在沒有音樂的刺激下不發芽生長，而有聽音樂的葉片，受到音波的刺激而發芽了。
- 四、根據實驗結果，我們無法得到氣孔總數和發芽生長的關聯性，但是製作印模以及使用顯微鏡觀察氣孔，讓我們獲取許多課外的知識和經驗，是值得興奮的事。
- 五、承討論四，我們想到進一步探討音樂如何影響氣孔的方法，我們發現可以用完整的一株黃金葛為實驗對象，當植物聽音樂時，選取部分葉片，製作印模來觀察氣孔的開口，再比較對照組觀察到的。

#### 柒、結論

- 一、根據實驗結果，巴哈賦格樂曲加速了葉子的發芽生長，而且速率最快。
- 二、根據實驗結果，巴哈的賦格樂曲比死亡重金屬樂曲更能促進黃金葛發芽生長。
- 三、承結論二，推論原因，我們認為相對於死亡重金屬音樂，巴哈賦格樂曲表現出音高

低、音量低、音量固定或有漸進式的變化，且具有鋼琴音色的特性。

四、承結論三，巴哈賦格樂曲的頻率、振幅與波形的特性有助於黃金葛發芽生長。

五、從發芽生長的角度來看，聽重金屬音樂的與對照組的差異不大，因此，我們推論重金屬音樂對黃金葛發芽生長沒有影響。

#### 柒、參考資料

一、研究氣孔開閉的新技術及其應用，第 22 屆全國中小學科展，作者：林英子

二、黃金葛在不同環境下生長差異：生物類 高雄女中：蔡芷甄 成佩珊 孫珮芸。指導老師：呂雲瑞老師

三、阿簡生物筆記。肉眼就看得見氣孔位置(2014)。線上檢所日期:2014 年 11 月 22 日網址:[http://a-chien.blogspot.tw/2011/10/blog-post\\_106.html](http://a-chien.blogspot.tw/2011/10/blog-post_106.html)

四、葉片傾斜角與光照強度對氣孔密度的影響(2017,7)。沈鈺真 蔣承玲 杜佩純 房樹生。國立臺灣師範大學科學教育中心月刊

五、音樂對植物的影響-概觀。國際綜合科學創新與技術雜誌 Vol. IV, Iss. 6 pg 30 - 34 (2012)

六、樂來悅壯-豆豆你聽懂了嗎。生物科，中華民國第 51 屆中小學科學展覽會