

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 物理科

080113

植物聊天室~聲音頻率之探究

學校名稱：臺中市太平區長億國民小學

作者： 小六 林羿呈 小六 楊乙晨 小六 杜丞恩 小六 戴晟翰	指導老師： 莊秋蘭
---	------------------

關鍵詞：植物的聲音、聲音頻率、空蝕現象

植物聊天室~聲音頻率之探究

摘要

聲音是振動產生的聲波，當流體中形成氣泡或空隙時，壓力會迅速下降到蒸氣壓以下，於是就會發生空蝕現象，產生震動而有聲音。我們利用 PlantWave 感測器，夾住植物的葉子，植物因空蝕現象產生震動，感測器測到震動電波，透過演算法轉換成聲音，再將聲音經由 phyphox app 測得其頻率。我們進一步以植物的種類、不同器官、不同環境、不同對待方式、不同的澆水量等作為實驗的變因進行，再透過手持顯微鏡的鏡頭觀察水分在維管束中流動情形，結果發現實驗葉片面積較大者、同株植物較成熟的莖、環境的溫度較高濕度較低、在受觸摸對待、水量較多、缺少空氣及陽光的狀態下，水分傳輸變化較快，推測在植物內部氣泡及壓力產生變化，形成空蝕現象，因而所測得的聲音頻率較高。

壹、前言

一、研究動機

五年級在自然課程中，學習到植物繁殖的相關知識，對於植物一直抱著好奇心，因不同於動物，動物會發出聲音、可以移動...，但是我們所認識的植物，就是固定在我們所種植的位置落地生根。在一次的戶外教育中，學校安排到菇類產學博物館參觀，在館中看到一項體驗，讓我驚艷---【菇菇們美妙歌聲】，菇類會唱歌？從設施的介紹中，提及植物之間存在溝通，這讓我的認知產生衝擊。回到學校詢問老師，老師有帶我們搜尋植物的聲音相關資料，發現2023年在「Cell Press」期刊中有相關的內容，讓我忍不住想要進一步深入探究，因此和科學研究社的夥伴一起請老師帶領我們尋找資料，對『植物的聲音』做再進一步深入的了解。

二、研究目的與問題

老師帶我們搜尋資料的過程中，有告訴我們在「Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative」的這篇文章中，使用鎖定在 20 至 150 kHz 之間的超音波範圍進行錄音的麥克風，發現植物在有壓力的環境所錄到的聲音是比較吵雜的。我們想要能夠進一步了解影響植物發聲頻率的因素，以及如何透過聲音頻率進行分析，所以研擬以下研究問題進行探究：

- (一) 探究植物聲音頻率收集的方法以及音頻的分析方式。
- (二) 探討植物不同器官，聲音頻率的差異性。
- (三) 探討植物相同器官不同位置，聲音頻率的差異性。
- (四) 探究不同植物的聲音頻率是否具有差異？
- (五) 探討環境對植物聲音頻率的影響。
- (六) 探究水量對植物聲音頻率的影響。
- (七) 外界物質的碰觸對植物聲音頻率的影響。

三、文獻探討

(一)聲波與音頻

我們在五年級自然課程中有學習到聲音的課程，為了更家了解聲音相關的原理，更進一步搜尋聲音相關的資料。聲音是振動產生的聲波，通過介質（氣體、固體、液體）傳播並能被人或動物聽覺器官所感知的波動現象。聲音的頻率一般會以赫茲表示，記為 Hz，指每秒鐘週期性震動的次數。聲音是一種波動，當演奏樂器、拍打一扇門或者敲擊桌面時，聲音的振動會引起介質——空氣分子有節奏的振動，使周圍的空氣產生疏密變化，形成疏密相間的縱波，這就產生了聲波，這種現象會一直延續到振動消失為止。聲音總可以被分解為不同頻率不同強度正弦波的疊加。這種變換（或分解）的過程，稱為傅立葉變換。因此，一般的聲音總是包含一定的頻率範圍。人耳可以聽到的聲音的頻率範圍在20到2萬赫茲（Hz）之間。高於這個範圍的波動稱為超音波，而低於這一範圍的稱為次聲波。

(二)空蝕現象

在老師告訴我們國外期刊的內容，在帶領我們搜尋植物聲音的資料，發現空蝕現象是一個重要的因素，因此我們更深入搜集資料，並請老師幫助讓我們了解。空蝕現象

（Cavitation），又譯氣穴現象、氣蝕現象或空洞現象，指的是在流動的液體中氣相的空穴－亦即極小的無液體空間（「氣泡」或「空隙」）－產生與消滅的一種物理現象，是力作用在液體的結果。液體受到壓力的快速改變時會產生空穴，此時的壓力通常相當低，除了液體本身的蒸汽壓，可以說是真空。當流體中形成氣泡或空隙時，壓力會迅速下降到蒸氣壓以下，於是就會發生空蝕現象。在水中，如果水的壓力低於蒸氣壓時，就會產生空穴。當水流過一個移動金屬物件的尖銳轉角，被加到較高的速度時，壓力會迅速降至低於蒸氣壓的水平，此時

超空蝕效應便會發生。

(三)相關科展作品

我們以「植物的聲音」為關鍵字，搜尋到的相關科展作品如下：

組別/屆別	科別	作品名稱	摘要
國中/23	生物科	聲波對植物光合作用的效應	實驗以氣體產生的量作為判別，研究結果顯示聲波震盪對植物行光合作用有好的效應。
國小/38	生物科	黃金葛之歌	以黃金葛進行實驗，探究音樂類型對植物生長的影响以及音樂與植物氣孔間的關係，結果顯示古典音樂較重金屬音樂對植物生長有幫助。
國中/44	生物科	舞動奇蹟—跳舞草對聲音的感應	以跳舞草進行研究，對聲音感應所產生的擺動現象中，在夜間的反應程度比白天還要好；對搖滾歌曲的感應筆抒情歌曲還要好。
國小/51	生物科	樂來悅壯～豆豆你聽懂了嗎	選擇了四季豆、綠豆、稻穀、菜豆、大黃瓜等，分別以重量、胚軸、初生葉等當作操縱變因，來觀察音樂對植物種子發芽生長的影响。控制組：每天10cc 水、聽4小時音樂；控制組：每天10cc 水。結果顯示音樂對發芽並無影响，但對發芽的植物生長有幫助(四季豆、綠豆)。
國中/52	生物科	聲聲不息—聲波對於植物發芽率之影響	探討低頻聲波對植物種子的催芽作用。在環境中，種子發芽的條件除了光照、水分，聲波(振動)也是很重要的條件，研究推論低頻聲波造成的振動具有影响種子體內分子的效用，進而有催芽的效果。

貳、研究設備及器材

一、研究設備：

- (一) 實驗紀錄：平板。
- (二) 研究記錄：PlantWave 播放器、電腦、相機。

二、實驗器材：

- (一) 植物。
- (二) 紙箱。
- (三) 燒杯、量筒。

* 本作品所有照片及圖片皆由指導老師協助，作者群拍攝及製作。

		
Experience PlantWave 播放器	朱槿	金露花
		
種植盆栽中的馬拉巴栗	琴葉榕	翠蘆莉
		
蒜香藤	蟛蜞菊	鵝掌藤
		
蠟燭木	大花紫薇	阿勃勒

		
種植土壤中的馬拉巴栗	陰香	琴葉榕盆栽
		
楓香	輪散莎草	手持顯微鏡

參、研究過程與方法

一、研究架構與流程

(一)研究架構

我們的研究是以空蝕現象、聲音的傳遞及聲音頻率為理論基礎，來探究植物聲音的變化情形。研究架構如圖3-1。

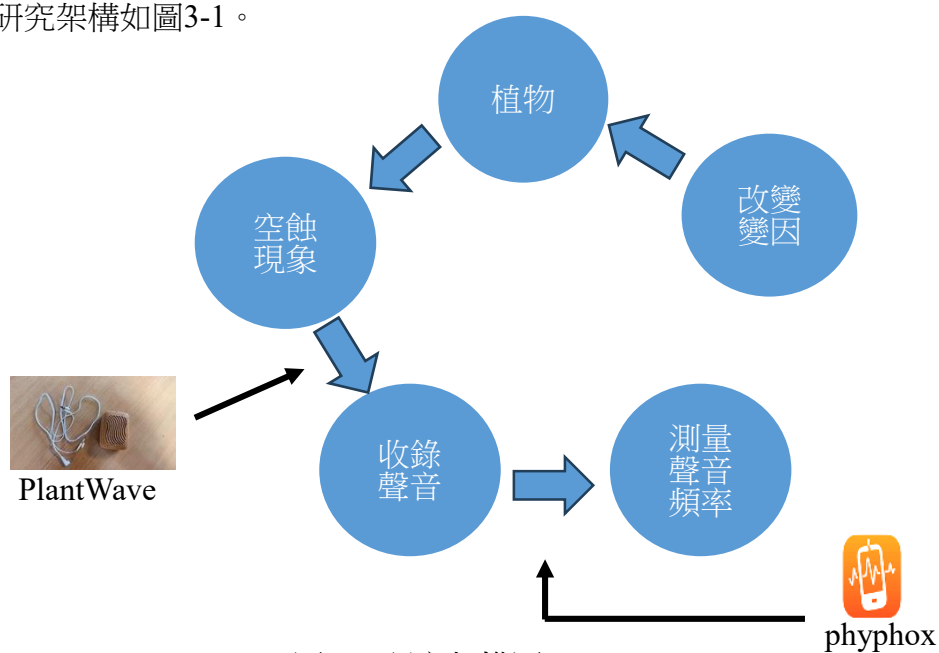


圖3-1 研究架構圖

(二)研究流程

我們研究的進行從確立研究目的及問題後，開始蒐集資料，建立研究假設、設計實驗、進行實驗，最後再依結果進行探究與結論，流程如圖3-2。

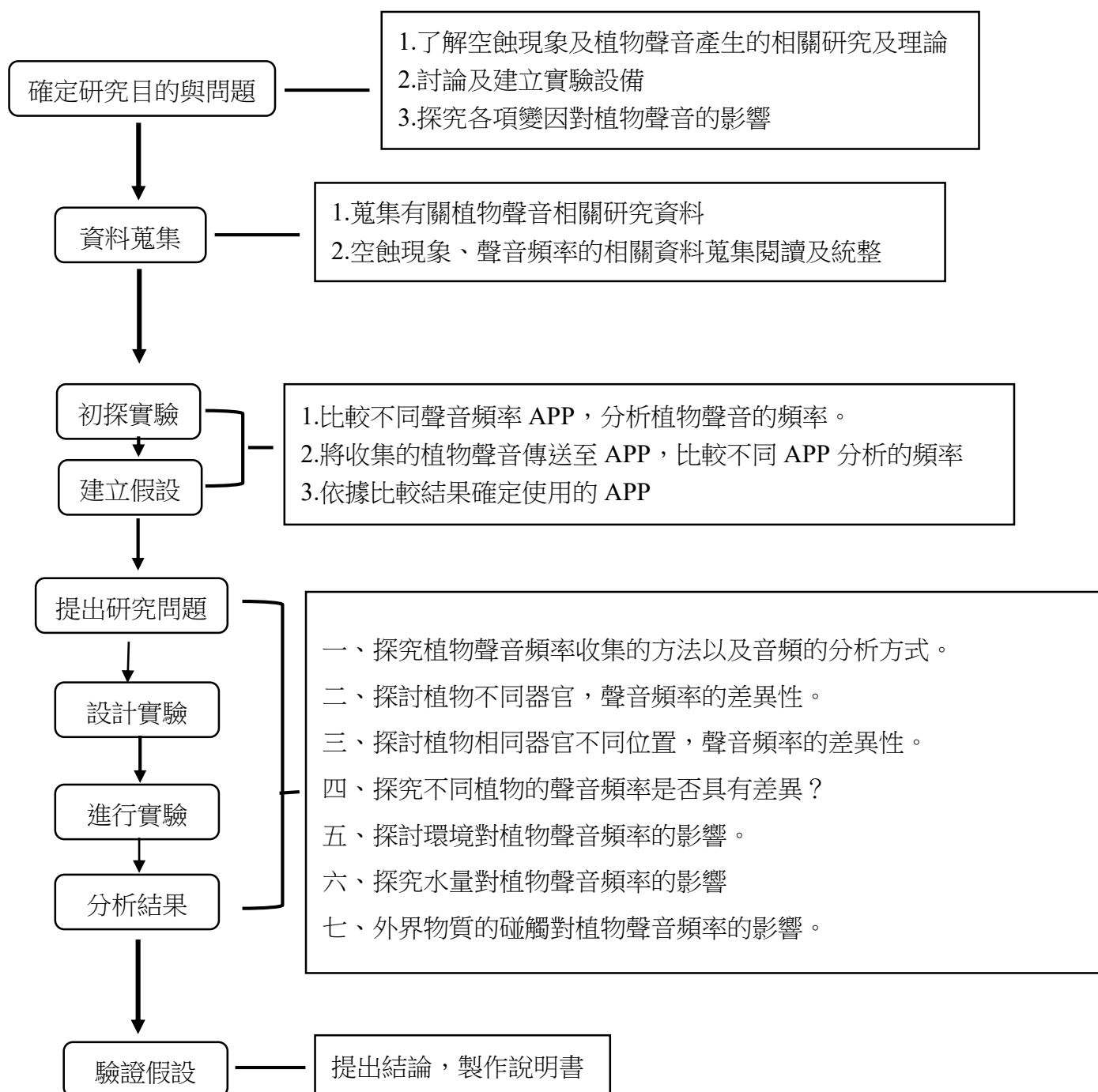


圖3-2 研究流程圖

二、研究方法與過程步驟

我們利用 PlantWave 植物聲音感測器錄製植物的聲音，再利用 phyphox 軟體進行所錄製到植物聲音頻率的紀錄，並依據紀錄進行各項變因的頻率分析，探究影響植物聲音變化的因素。

(一) 探究植物聲音頻率收集的方法以及音頻的分析方式

老師帶領我們蒐集資料，並解釋讓我們理解，我們在老師的協助下，從資料中共同整理出以下的內容：在1966年美國中央情報局的測謊機實驗者克里夫·巴克斯特（Cleve Backster）無意中在一株龍舌蘭葉片上接上了測謊機的電極，在他為植物澆水時，意外的發現電流計圖紙上竟然錄下了圖形，就好像人類有短暫感情衝動時那樣。巴克斯特驚訝不已，他想，人體受到傷害時發出的電磁波最為強烈，那麼龍舌蘭的葉子被燒後會出現什麼情況呢？進一步研究後，他發現實驗示蹤圖發生了大幅度變化，很明顯植物對此感到恐懼不安，他隨後再次劃燃火柴，發現圖形在這一瞬間有明顯不同，而當他手持燃著的火柴朝龍舌蘭走時，圖上的曲線增多，有趣的是，在巴克斯特將火柴劃燃多次，卻又不去燒它後，圖形慢慢停止了變化，因為龍舌蘭已經意識到，這種威脅不會發生，所以漸漸不再擔驚害怕。後來，他在不同地方使用不同的機器，對不同的植物進行相同的實驗後，巴克斯特證實了植物有意識有感情，這個發現也被稱為「**巴克斯特效應（Backster Effect）**」。

老師一開始跟我們說明的國際期刊《細胞（Cell）》中也有刊登一份報告，植物在水份不足或壓力大時，會發出頻繁的「叫聲」，每小時可發出多達50個斷斷續續的聲音。另外我們蒐集到的《ScienceAlert》、《衛報》資料中記載，以色列特拉維夫大學的科學家，透過特殊的麥克風記錄隔音箱與溫室裡的番茄及煙草等植物所產生的超音波，發現植物一切正常、沒有受到任何壓力時，每小時叫不到1次，但是如果它水分不足或受傷時，每小時發出聲音多達30至50次，連3至5公尺外都能偵測到，聲音頻率介於40至80kHz。研究人員說，他們針對多種植物測試，發現不僅僅是番茄與煙草植物，小麥、玉米、葡萄、仙人掌等都被記錄到有發出聲音。

而我們戶外教育所參觀的霧峰菇類產學館中，有一處展示【**菇菇們美妙歌聲**】，其使用的為 PlantWave，透過 PlantWave 測量植物電導率的微小波動，並通過超聲化將其轉換為音樂。我們查詢相關資料，PlantWave 使用兩個感測器透過連接植物發送信號並測量其電導

率，植物的電導率與兩個感測器之間的水量有關，因此，當植物進行光合作用並移動葉綠體時，PlantWave 會感應到這些微小的變化透過圖表會致產生一個波，PlantWave 會分析此波的頻率，並將其與音符的最接近頻率進行匹配，該音符就會成為從 PlantWave 裝置發送到 PlantWave 應用程式的數位信號。PlantWave 中使用的電路與測謊儀中使用的電路相同，它就是所謂的心理電流計，最初是為了測量人體的皮膚電流反應（GSR）而開發的，PlantWave 已採用該技術來檢測植物內部的微波動。因次，本研究就使用 PlantWave 來進行實驗收集相關的資訊。

phyphox app 是德國亞琛工業大學第二物理研究所研發的免費 APP，可以測量聲音的頻率並取的數據，為了將蒐集到的聲音轉換成頻率，因此實驗中就利用 phyphox app 把所蒐集到的植物聲音轉換用頻率表示，再進一步分析、探究影響植物聲音的因素。

(二) 實驗的操作步驟

1、依照每一個實驗操作的變因選取植物及器官部位。

2、將 PlantWave 透過藍芽與平板連接 (圖3-3)	3、將電極引線插頭連接 PlantWave，另一端電擊夾連接植物的器官(圖3-4)
	
4、開啟 PlantWave 上的聲音錄製功能，擷取10秒鐘音檔後儲存(圖3-5)	5、將音檔透過 phyphox app 進行聲譜分析，擷取聲波圖及儲存數據(圖3-6)
	

6、依各個實驗的變因將蒐集到的聲音、頻率及聲波圖進行分類及分析，依據科學論據進行結果分析。

(三) 探討植物不同器官，聲音頻率的差異性

1、想法

在霧峰菇類產學館的初探實驗中，發現在植物不同部位聲音會有些微差異，所以想探討植物各器官所產生的聲音差異。植物的器官包含根、莖、葉、花、果實及種子，本實驗以學校既有植物為研究對象。

2、步驟

- (1) 選取實驗對象（操作變因）：因受季節影響，為能取得植物較多器官進行資料蒐集，因此選擇朱槿的莖、葉、花進行實驗。



圖3-7 朱槿的莖、葉及花

- (2) 控制變因：使用同一株的朱槿。
- (3) 依據前述步驟進行本項變因聲音頻率之蒐集與分析（應變變因）。

(四) 探究不同植物的聲音頻率是否具有差異

1、想法

從前一個實驗結果發現，即使相同植物，不同器官其所取得的聲音並不相同，所以我們進一步想了解，同樣都是植物的”葉”，那麼在不同植物所取得的聲音是不是也會有所不同。



圖3-8 實驗採用之植物的葉

2、步驟

- (1)選取實驗對象（操作變因）：為方便我們擷取植物的聲音，以本校既有植物作為研究對象，分別為喬木：馬拉巴栗、大花紫薇、楓香、阿勃勒、蠟燭木、陰香、琴葉榕；灌木：朱槿、金露花、鵝掌藤、翠蘆莉；草本：輪傘莎草、蟛蜞菊；蔓性：蒜香藤。
- (2) 控制變因：感測器都是連接在植物葉子前緣1/3的位置進行聲音的收集。
- (3) 依據前述步驟進行本項變因聲音頻率之蒐集與分析（應變變因）。

(五) 探討植物相同器官不同位置，聲音頻率的差異性

1、想法

從前一個實驗結果發現，即使相同植物，不同器官其所取得的聲音並不相同，因此進一步想了解，同樣都是植物的”葉”，那麼在**葉的前緣、中間位置及靠近葉柄位置**，所取得的聲音是否也會有所不同。

2、步驟

(1)選取實驗對象（操作變因）：感測器夾取位置在葉子前緣1/3、中間（1/2）及連接葉柄位置。

*照片由指導老師協助，作者群拍攝



圖3-9 葉子前緣1/3



圖3-10 葉子1/2位置



圖3-11 近葉柄位置

(2) 控制變因：本實驗採用馬拉巴栗為研究對象。

(3) 依據前述步驟進行本項變因聲音頻率之蒐集與分析（應變變因）。

(六) 探討環境對植物聲音頻率的影響

1、想法

從前一個實驗結果發現，不同植物相同器官其所取得的聲音並不相同，因此進一步想了解，相同的植物，在不同環境下所取得的聲音是否也會有所不同。

2、步驟

(1)選取實驗對象（操作變因）：我們在自然課中學習到，植物生長需要陽光、水及空氣，所以實驗中設置的環境包含：正常環境、缺水環境，缺陽光環境及缺空氣環境，因缺空氣的環境無法做到真空，所以採用包覆透明塑膠袋的方式，缺陽光採用紙箱遮蔽陽光，空氣可以從箱子底部進入。



圖3-12 改變環境設置

(2)控制變因：植物皆使用琴葉榕(小株盆栽)。

(3)依據前述步驟進行本項變因聲音頻率之蒐集與分析（應變變因）。

(七) 探究澆水量對植物聲音頻率的影響

1、想法

從前一個實驗結果發現，環境會影響植物聲音的頻率，因此進一步想了解，如果對植物做不同的澆水量，所取得的聲音是否也會有所不同。

2、步驟

(1)澆水量（操作變因）分別為：10cc、20cc、30cc、40cc、50cc 及60cc。



圖3-13 改變澆水量

(2) 控制變因：植物皆使用琴葉榕(小株盆栽)。

(3)依據前述步驟進行本項變因聲音頻率之蒐集與分析(應變變因)。

(八) 外界物質的碰觸對植物聲音頻率的影響

1、想法

從前一個實驗結果發現，相同植物在不同環境下所取得的聲音並不相同，因此進一步想了解，相同的植物給予不同的對待方式，所取得的聲音是否也會有所不同。

2、步驟

(1)碰觸方式（操作變因）：使用的對待方式分別為：觸摸、搓揉、按壓、針刺、折斷、火烤。

(2)控制變因：植物皆使用琴葉榕(小株盆栽)。

(3)依據前述步驟進行本項變因聲音頻率之蒐集與分析(應變變因)。

肆、研究結果

我們歸納實驗過程中研究結果，作以下的分析與討論。

一、探究植物聲音頻率收集的方法以及音頻的分析方式

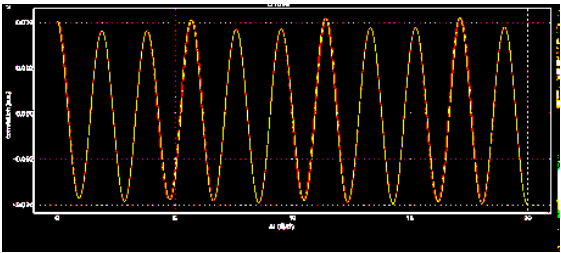
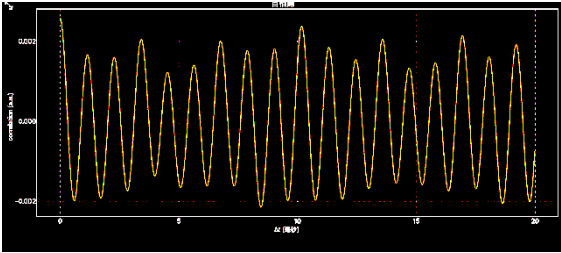
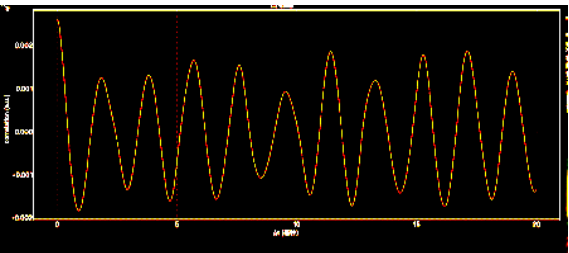
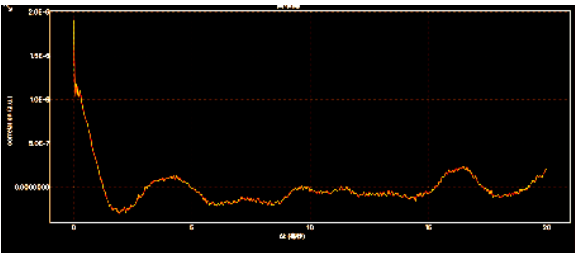
我們使用 PlantWave 感測器進行植物聲音音頻的收集，利用 PlantWave 的兩個感測器，連接植物體發送信號並測量其電導率，PlantWave 感應到植物體微小的變化，透過圖表繪製產生一個波，PlantWave 會分析此波的頻率，並將其與音符的最接近頻率進行匹配，該音符就會成為從 PlantWave 裝置發送到 PlantWave 應用程式的數位信號，我們將這些音符收集後，再傳至 phyphox app 進行聲譜的分析。

二、探討植物不同器官，聲音頻率的差異性

因受季節影響，本研究選擇朱槿的莖、葉、花三個器官進行實驗。

(一) 實驗記錄

表4-1 植物不同器官錄製之聲音波形圖

	
嫩莖	粗莖
	
葉	花

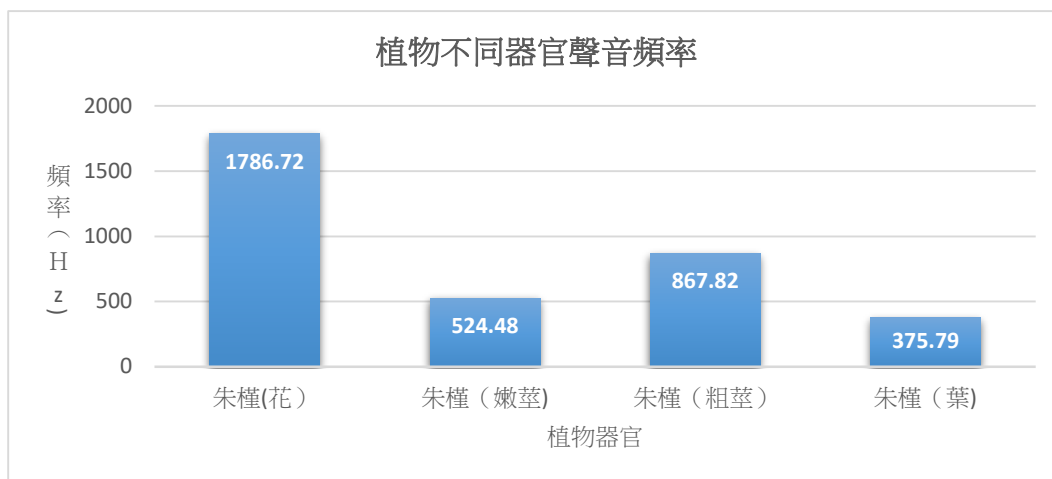


圖4-1 植物不同器官聲音頻率比較圖

(二) 實驗結果

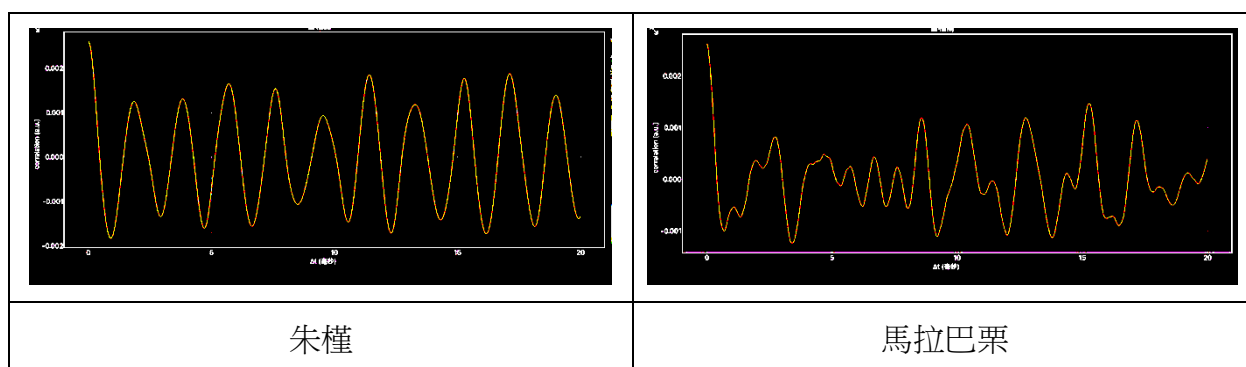
在朱槿的器官上-莖、葉及花瓣，連接 PlantWave，測得各個器官上的聲音頻率，從表4-1及圖4-1可以發現，植物在不同器官所錄製到的聲音頻率並不相同，以在花瓣的聲音頻率最高，莖次之，其中粗莖又較嫩莖高，葉的頻率則較低，我們推測花瓣上的維管束較為密集，水分要分佈到花瓣上所有的維管束，需要較快的水流速度，而水分由根部運送到莖再到葉，在莖的流動速度快，因水流動速度快，當氣泡破裂形成的氣壓變化較快，所以測得的頻率較高。而從波形圖，莖和葉的波形為較有規律的波浪形狀，其中粗莖的兩個坡峰間的距離相對較短，而花的部份則為較不規則形的線條，沒有明顯的波峰及波谷。

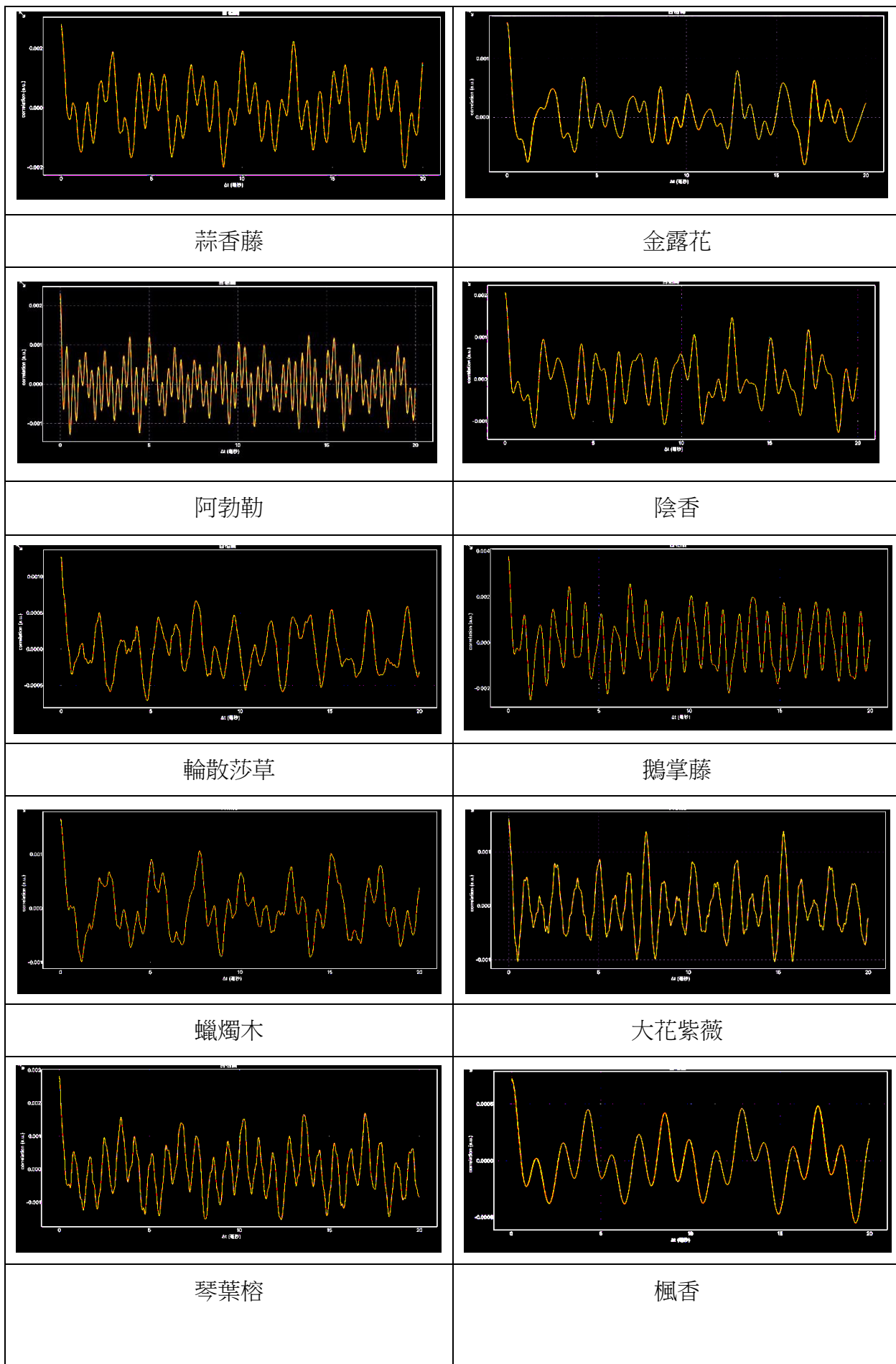
三、探究不同植物的聲音頻率是否具有差異

這個實驗我們選擇學校既有的植物進行探究，植物的器官都是用植物的葉子進行聲音的收集錄製。

(一) 實驗記錄

表4-2 不同植物錄製之聲音頻率波形圖





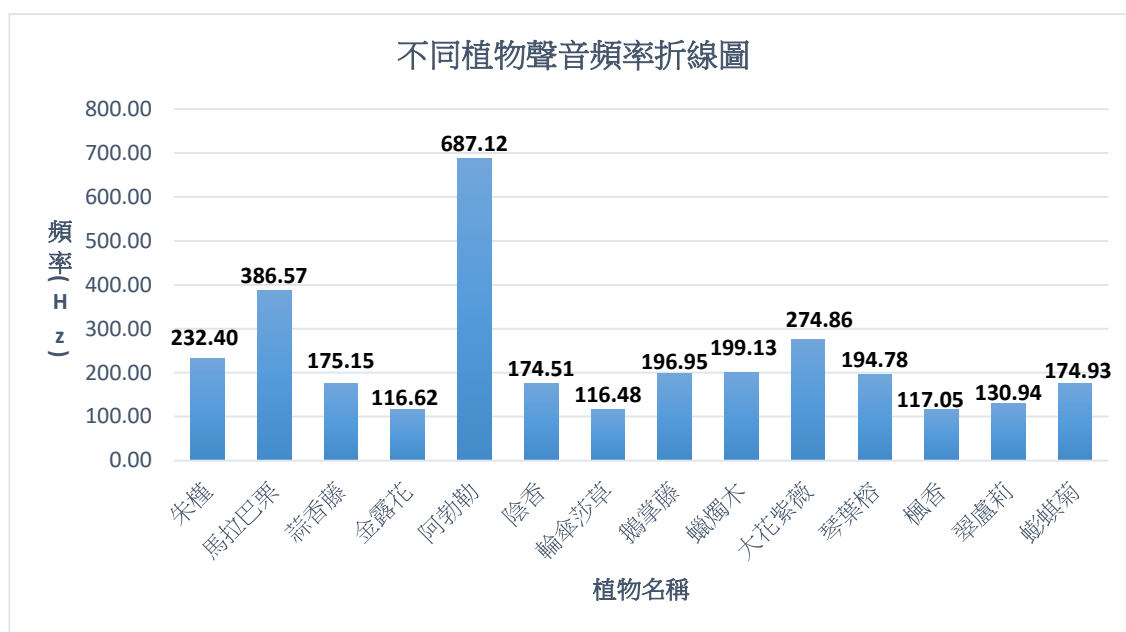
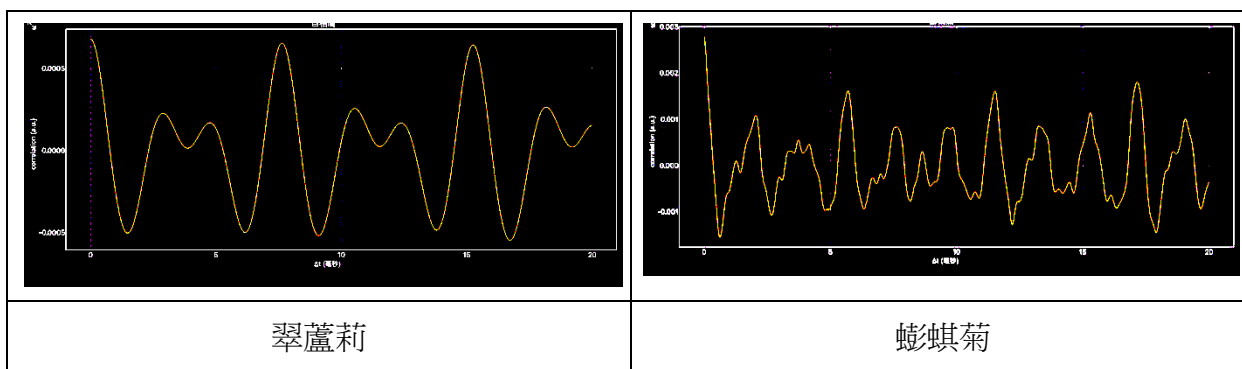
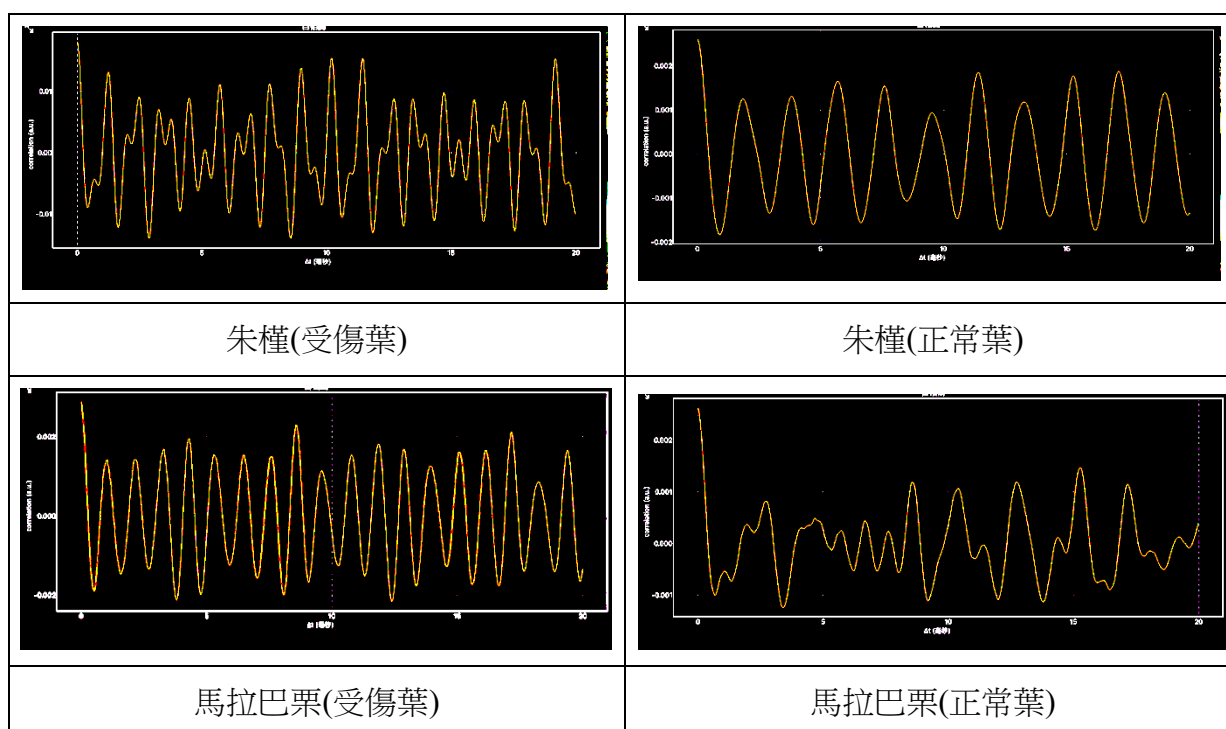


圖4-2 不同植物的聲音頻率長條圖

表4-3 植物不同狀態的聲音頻率波形圖



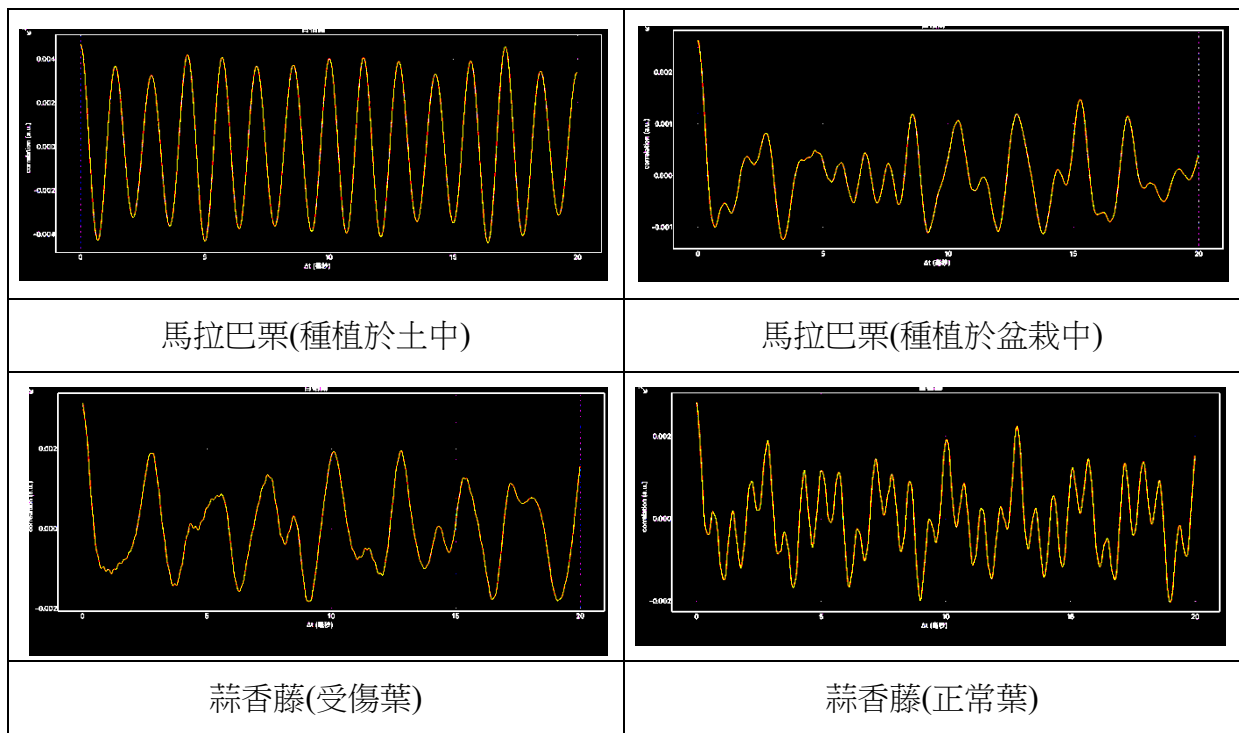


圖4-3 植物在不同狀態聲音頻率長條圖

(二) 實驗結果

- 1、從圖4-2中可以發現，不同植物所收集到的聲音皆不相同，在所實驗的14種植物中，以阿勃勒所測得得聲音頻率最高，輪散莎草所測得的聲音頻率最低。在14種植物中所測得的聲音頻率，150Hz 以下的有輪散莎草、金露花、翠蘆莉，150Hz~200Hz 的依序為陰香、蟛蜞菊、楓香、鵝掌藤、蠟燭木，200Hz~250Hz 的依序為蒜香藤、朱槿、馬拉巴栗，250Hz~300Hz 的依序為大花紫薇、琴葉榕，400Hz 以上的為阿勃勒。再進一步將所測量的植物葉片進行面積的換算，發現面積較大的葉子，所測量到

的聲音頻率較高，相對葉片面積較小，聲音頻率就較低，推測因為植物的蒸散作用，葉片較大蒸散作用較明顯，水分在維管束中的流動速度較快，產生的氣體壓力變化速度較快，所以空氣振動較快因而測得的聲音頻率較高。而從表4-2的波形圖中，所有植物所呈現的波形多為波浪形，但規則性不同，其中音頻高的圖形，兩次波峰間的距離相對較短，波峰波谷的差距較大，而測得音頻較低的植物，兩次波峰間的距離相對較長，波峰波谷的差距相對較小。

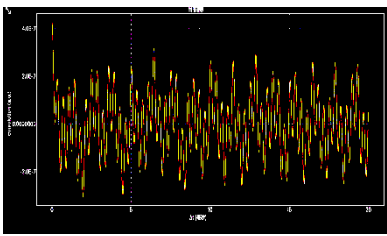
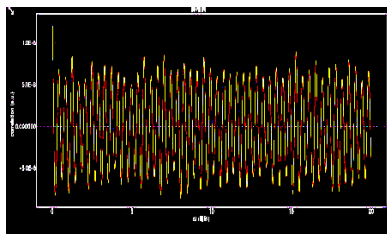
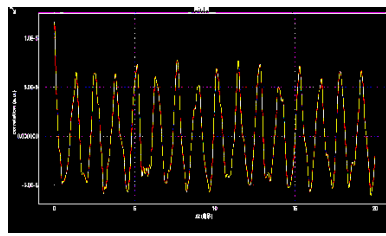
- 2、從圖4-3發現，同種植物的葉子，受傷的葉子所測得的音頻比正常的葉子來得高，而種植在盆栽中與種植在地表的植物，所測得的頻率以種植在地表的較高，推測受傷的葉子，維管束在受傷處形成缺口，因而水分在植物體內的流動速度變快，氣體壓力速度的加快使得震動速度較快，測得的頻率相對較高，種植在盆在中的植物，推測因澆入的水分會侷限在盆栽中，因此水分傳輸較種植在土壤中的植物快，頻率相對較高。而從表4-3的波形圖可發現，受傷葉波峰間的距離較短，波峰波谷的距離較大，而一般葉子波峰間的距離相對較長，波峰與波谷的距離較小，而種植於地表土中的植物，波峰與波谷間的距離變化相對較小。

四、探討植物相同器官不同位置，聲音頻率的差異性

本實驗採用馬拉巴栗的葉，從葉子不同位置（前緣1/3、1/2及靠近葉柄處）所測得的聲音頻率進行蒐集。

(一) 實驗記錄

表4-4 相同器官不同位置的聲音頻率波形圖

		
1/3	1/2	靠近葉柄

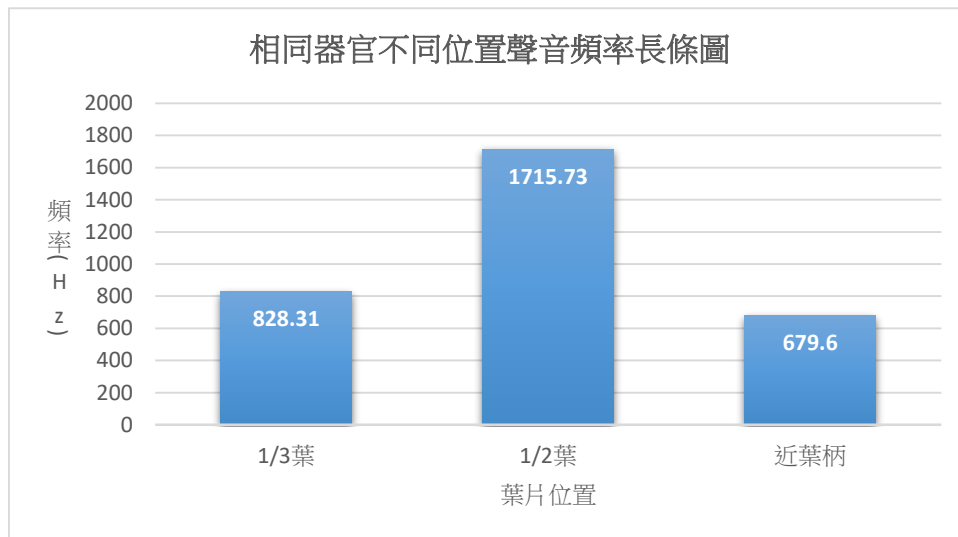


圖4-4 相同器官不同位置聲音頻率長條圖

(二) 實驗結果

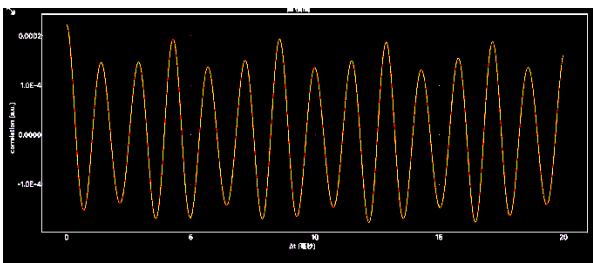
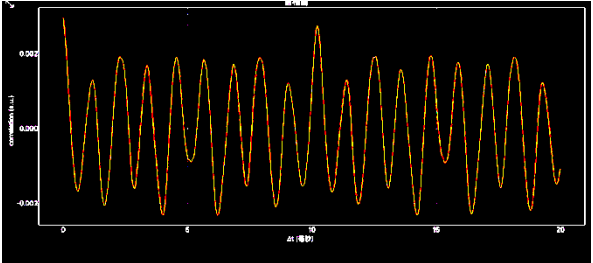
從圖4-4中可以發現，在葉子中間位置，頻率相對較高，而在接近葉柄的位置，頻率最低，在葉子前端1/3位置，測得的聲音頻率次之，推測在葉子中間這個位置葉面面積較大，蒸散作用較快因而在維管束中水流動速度快，形成的壓力變化速度快，氣體震動也較快，因此測得的頻率較高。而在表4-4中所呈現的波形圖，三個位置都有明顯的波峰及波谷，而葉子中間位置的波形相對較為密集，近葉柄位置的波形較為不密集。

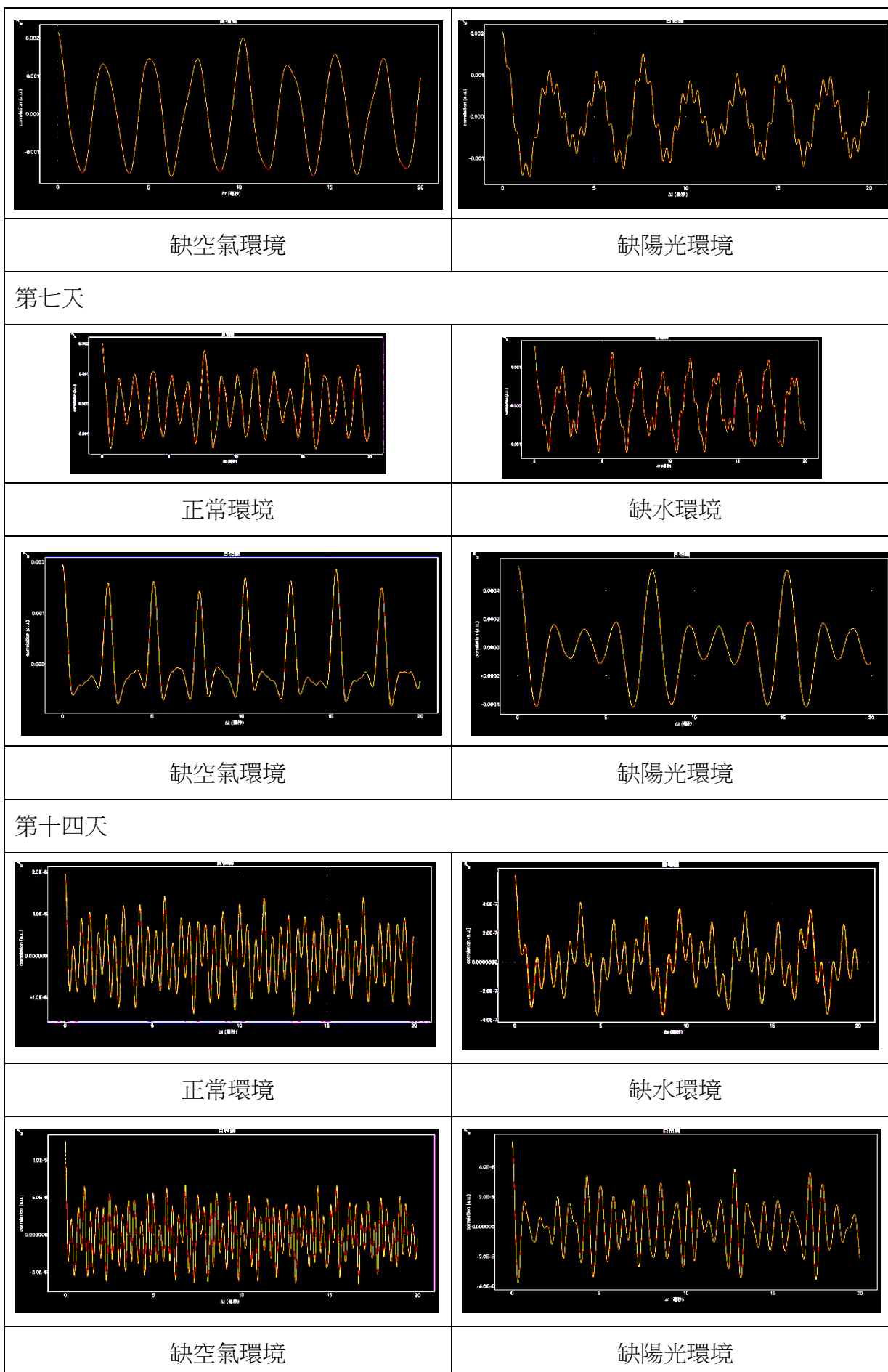
五、探討環境對植物聲音頻率的影響

本實驗所選擇的植物皆為種植在盆栽中的琴葉榕，環境的變化分別為：有澆水、缺水、無陽光照射及密閉空間(缺空氣)。

(一) 實驗記錄

表4-5 不同環境下聲音頻率波形圖

第一天	
	
正常環境	缺水環境



第二十天

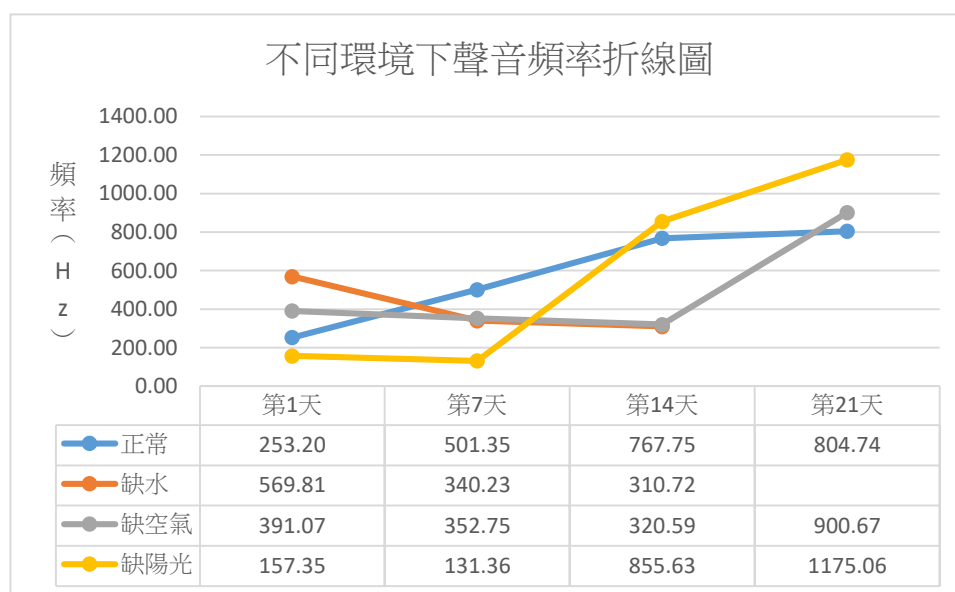
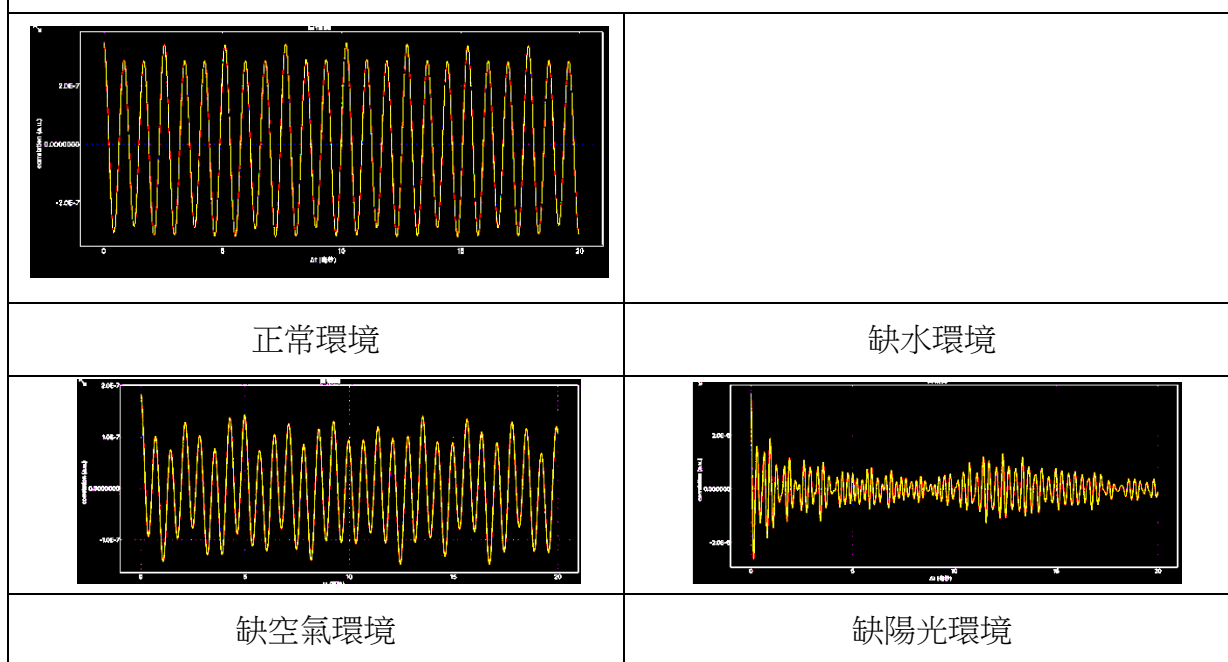


圖4-5 不同環境下聲音頻率折線圖

(二) 實驗結果

本實驗在不同環境下進行音頻的收集，從圖4-5可以發現，在一般正常的環境之下，所測得的頻率有逐漸攀升的現象；在缺水的環境下所測得的音頻隨時間下降，在第21天測不到聲音；在缺空氣的環境之下，在前14天所測得的頻率有逐漸下降的趨勢，而在第21天的頻率突升；在缺陽光的環境之下，所測到的頻率為先降後升，在第14天後便開始提升。在不同的環境下，第21天所測得的頻率，除缺水的植物無法測出聲音之外，以缺陽光的環境頻率相對較高，而在一般正常的環境下所測得的頻率相對較低。**植物生長需要**

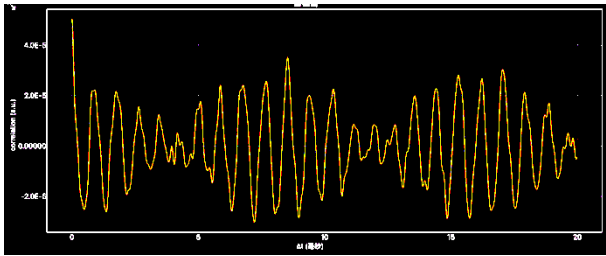
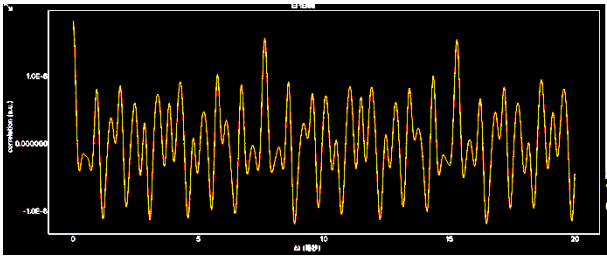
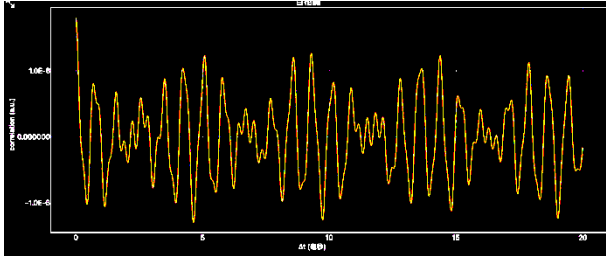
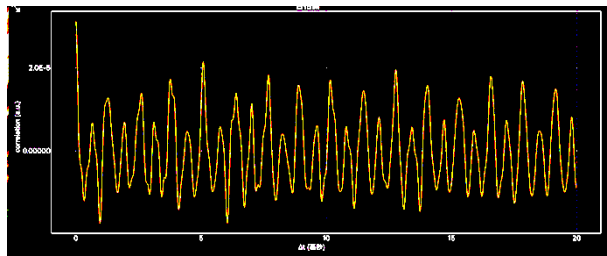
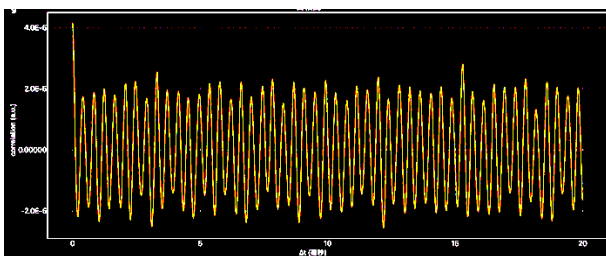
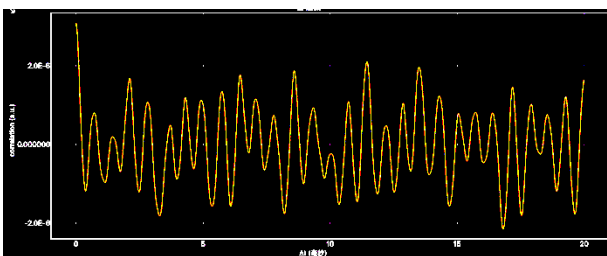
水、陽光及空氣，推測植物在缺乏陽光及空氣的樣態下，為求生存，水分在維管束中快速傳輸，因壓力變化的速度較快，氣體的震動速度快因而發出的聲音頻率相對較高。而從表4-5發現，在環境改變下，皆可看出波形，其中正常的環境下，波形相對較為穩定，而其他環境在波形的疏密上、波峰波谷間的變化相對不穩定。

六、探究澆水量對植物聲音頻率的影響

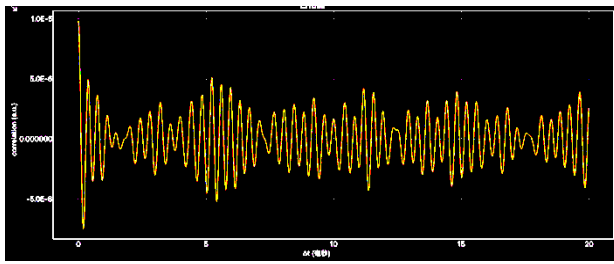
本實驗所選擇的植物皆為種植在盆栽中的琴葉榕，澆水量的變化分別為：10cc、20cc、30cc、40cc、50cc、60cc。

(一)實驗紀錄

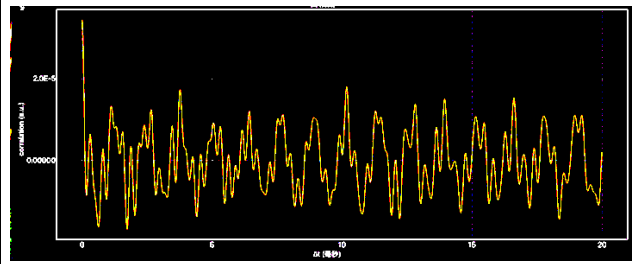
表4-6 不同澆水量聲音頻率波形圖（同一天不同時間點）

第一個時間點	
	
10cc	20cc
	
30cc	40cc
	
50cc	60cc

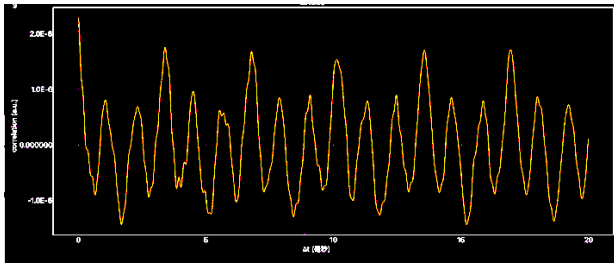
一小時後



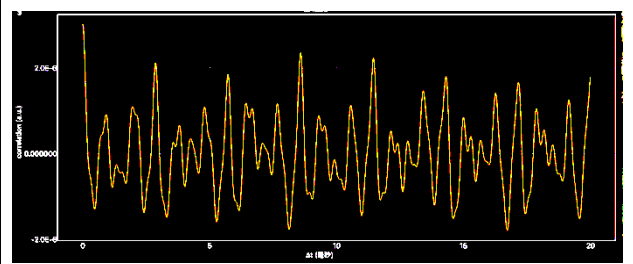
10cc



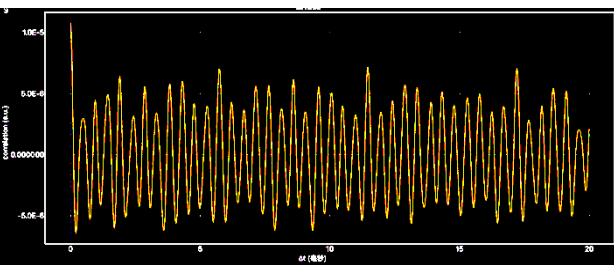
20cc



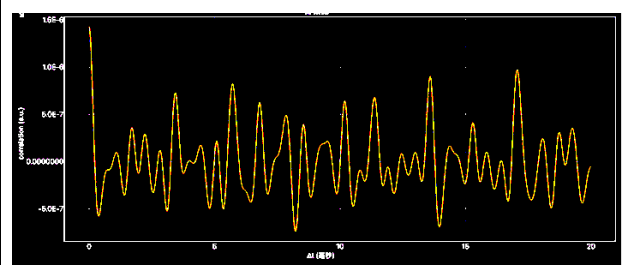
30cc



40cc

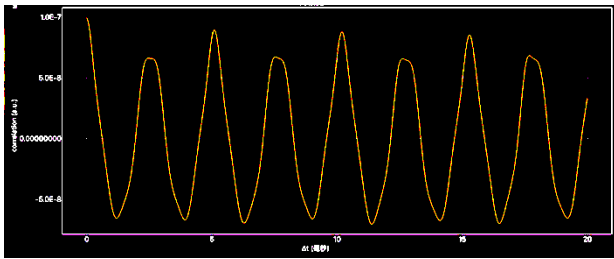


50cc

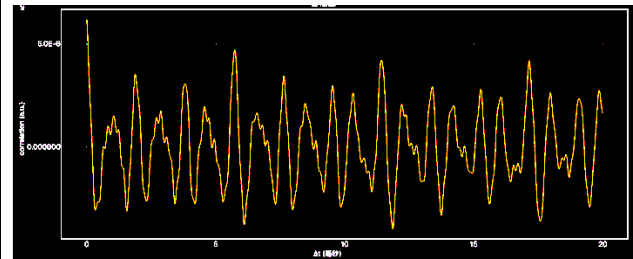


60cc

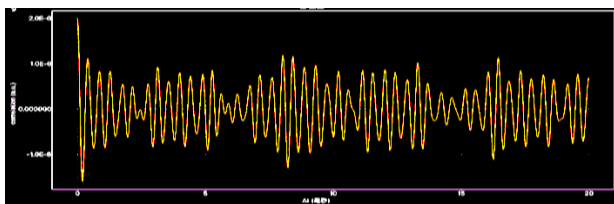
兩小時後



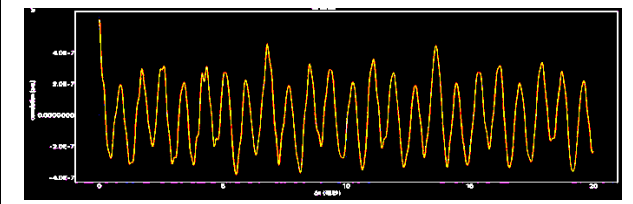
10cc



20cc



30cc



40cc

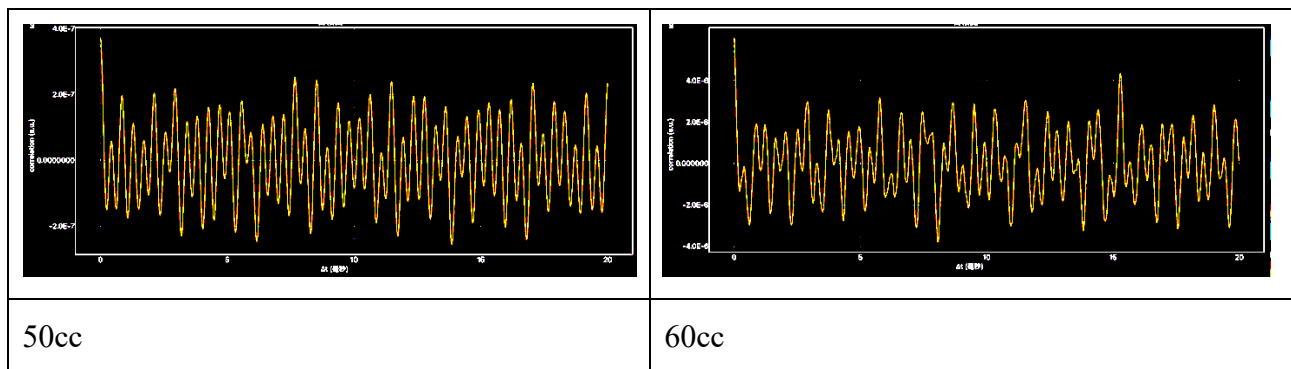
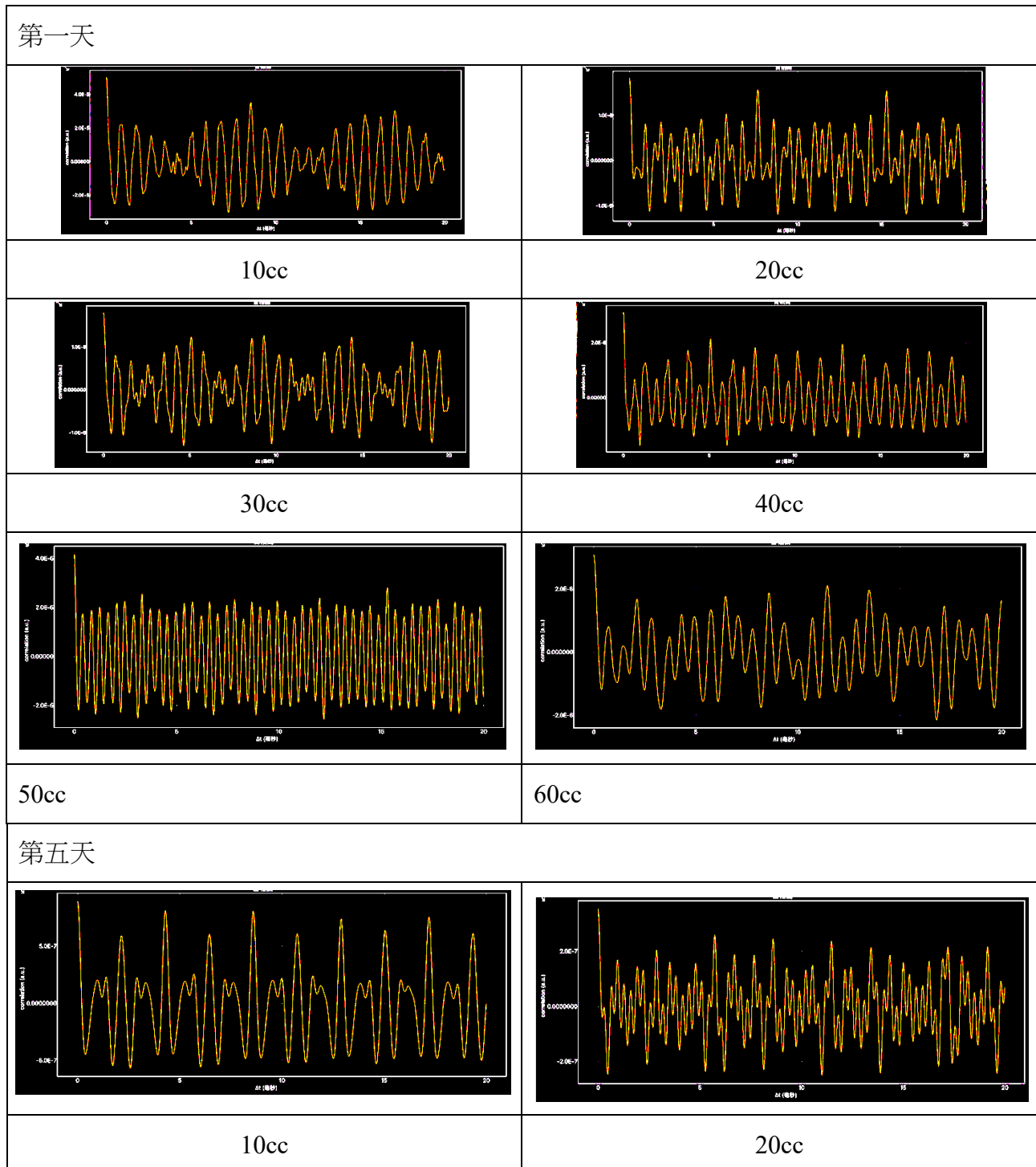
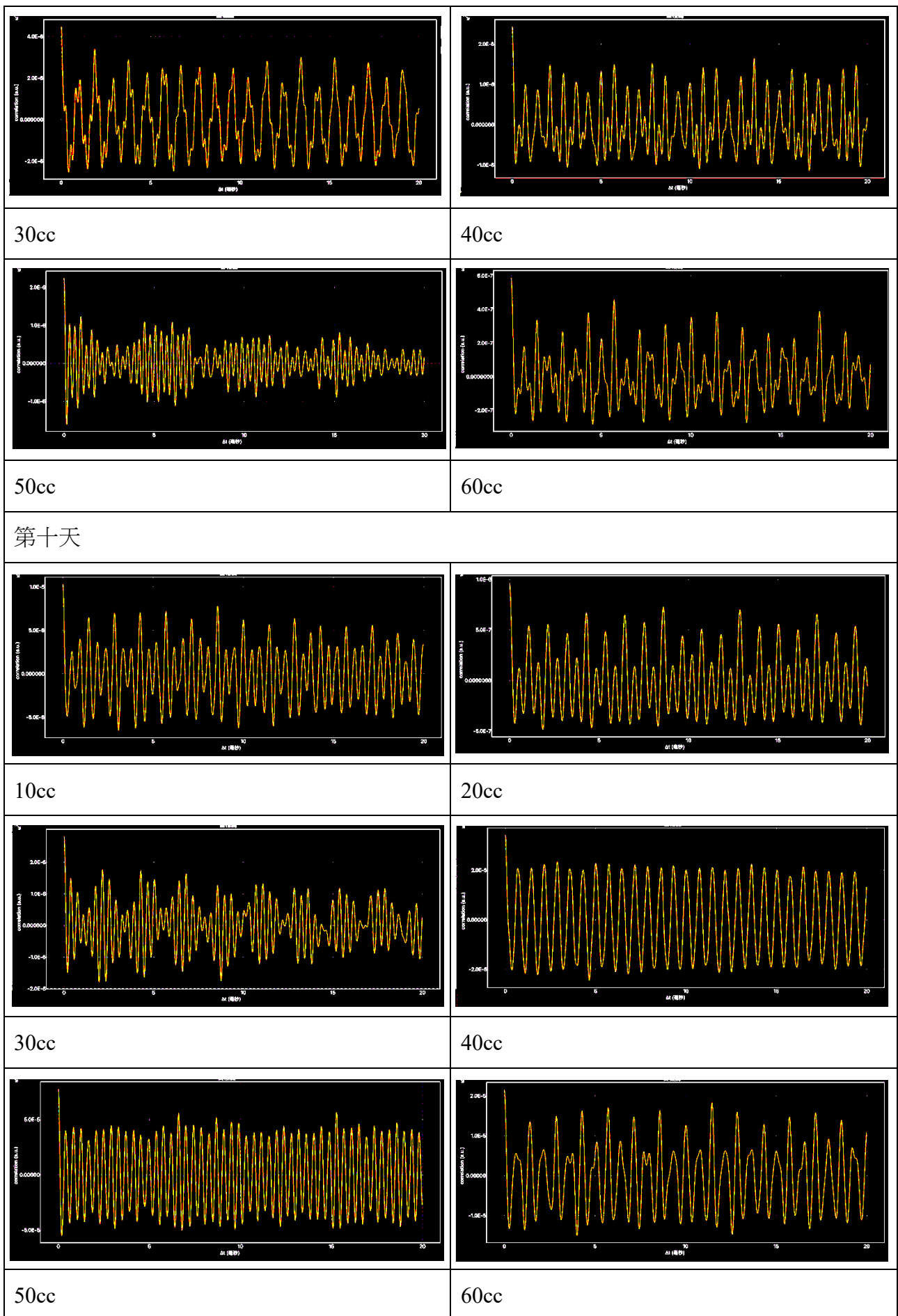


表4-7 不同澆水量聲音頻率波形圖（數天後）





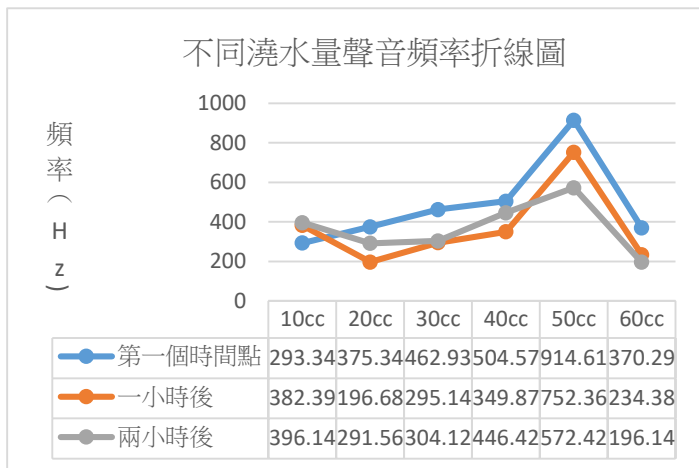


圖4-6 不同澆水量聲音頻率折線圖

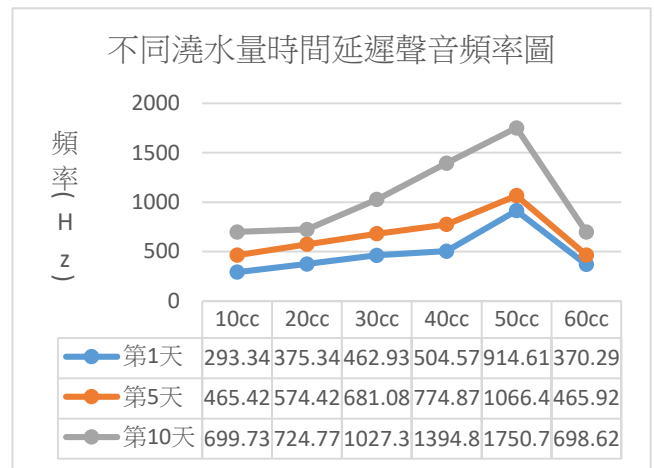


圖4-7 不同澆水量時間延遲聲音頻率圖

(二)實驗結果

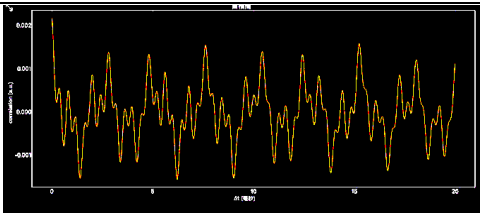
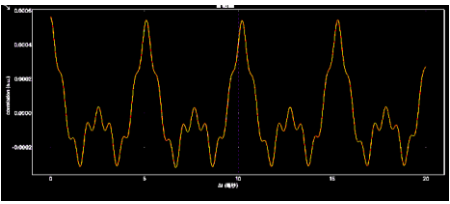
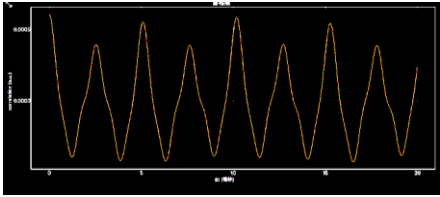
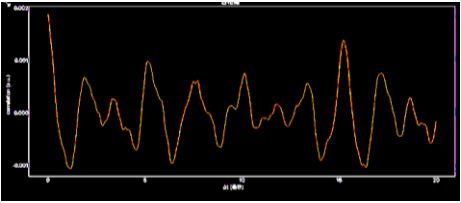
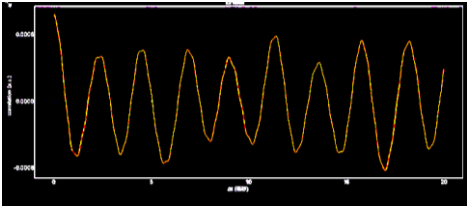
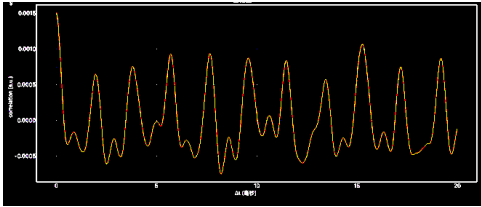
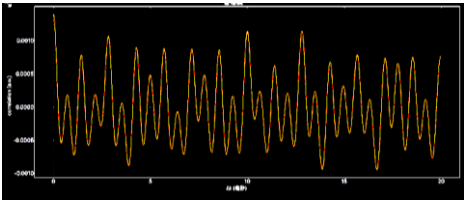
本實驗在不同澆水量下進行音頻的收集，從圖4-6可以發現，同一天不同時間點，澆水量在20cc-50cc時所測得的頻率都是先降再升，10cc是逐漸升高，60cc則是逐漸降低，且在所有澆水量中頻率相對較低。推測澆水量在10cc時，水分在植物維管束中傳輸順暢，因蒸散作用使水分流動隨時間加速，壓力變化大氣體震動較快，測得的頻率變逐漸升高；20cc-50cc推測這樣的水量對本實驗的植物而言，一下子太多，所以在傳輸上因為量多而速度變慢，但隨時間增加，水分在維管束中的傳輸逐漸穩定，速度逐漸變快，壓力變化速度跟著加快氣體震動速度也加快，聲音頻率因而先降後升；而在60cc的情形，推測是水量太多，因在實驗過程中觀察到澆入60cc的水已溢出盆栽流至水盤，水分一下子過多造成水分傳輸變慢，水分無法在實驗的時間內排解，水分在維管束中流動速度慢，壓力變化速度也較慢，所測得的頻率則相對較低。而經過數天後再量測不同澆水量的頻率，每一種澆水量所測得的頻率接逐漸上升，其中以50cc的澆水量測得的頻率相對較高，60cc相對較低，推測經過數天後水分在維管束中的流動穩定，澆水量越多，水分流動速度相對較快，頻率變較高，但60cc仍因水分過多，流動速度相對較慢，頻率也就較低。而從表4-6及4-7發現，在澆水量改變下，皆可看出波形，其中澆水量50cc，波形相對較為穩定，而其他澆水量在波形的疏密上、波峰波谷間的變化相對不穩定。

七、外界物質的碰觸對植物聲音頻率的影響

本實驗設定碰觸的方式包含用火烤、折斷葉片、按壓葉片、針刺葉片及揉搓葉片，在碰觸同時進行音頻的收集。

(一) 實驗記錄

表4-8 不同碰觸方式的聲音頻率波形圖

	
火烤(第一天)	火烤(第三天)
	
折斷	按壓
	
針刺	揉搓
	
觸摸	

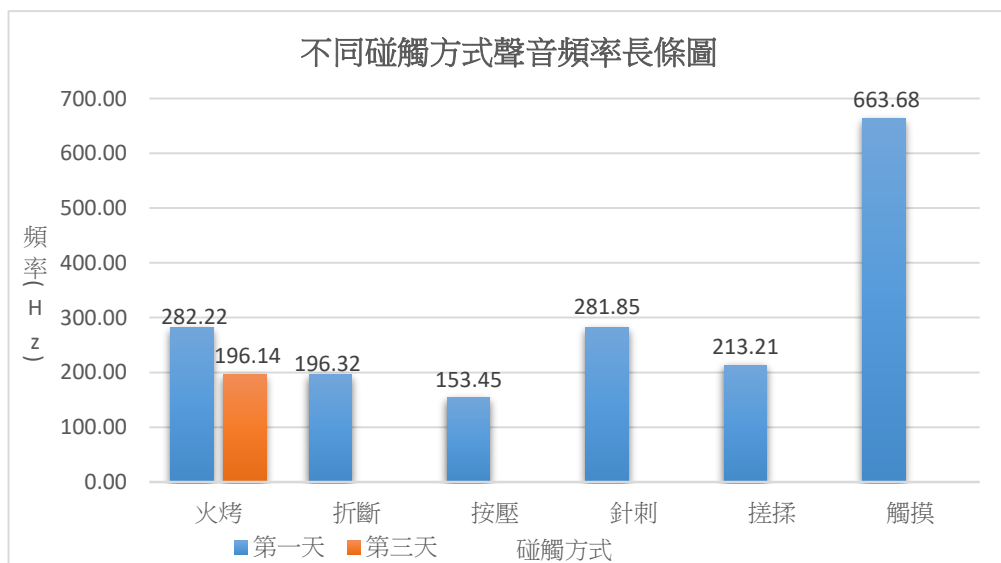


圖4-8 不同碰觸方式聲音頻率圖

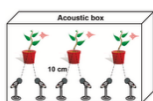
(二) 實驗結果

從圖4-8中可以發現，不同的觸碰方式所測得的聲音頻率以觸摸的頻率相對較高，其他的方式差距不大，以按壓的方式頻率相對較小，推測採用觸摸的過程中，以手來回撫摸的過程，葉片上因蒸散作用的水分被手排除，因而可能加速植物葉片中水份的傳輸速度，壓力變化速度加快，感測器接收的維管束中空氣振動的速度加快，故測得較高的聲音頻率，而按壓的方式為固定一處壓在葉片上，推測可能阻斷水的傳輸，因而降低空氣振動的頻率，故測得的聲音頻率相對較低。而在表4-8中所呈現的波形圖中發現，火烤的波形較不規則，而觸摸的方式之波峰波谷的相對明顯，折斷及針刺的波形變化較為穩定。而火烤過的葉片經過兩天後再測所得的頻率降低，波峰間距也變大。

伍、討論

一、從參考文獻中進行延伸研究探究植物訊息傳遞

從文獻資料中我們知道有關植物聲音的研究內容，整理如下：《細胞（Cell）》期刊資料中提到，植物在水份不足或壓力大時，會發出頻繁的「叫聲」，每小時可發出多達50個斷斷續續的聲音，在這篇研究的實驗中，實驗設置在聲學箱（acoustic box）中使用麥克風收音，再傳輸到電腦中分析，在其實驗中結果呈現植物在高和低缺水程度下發出的聲音是不同的；勞拉.貝洛夫提出植物是有能力進行交流、學習和記憶，包含從植物根部檢測到的咔嗒聲，她將植物根部連接到接觸式麥克風上，透過電腦軟體讓人類可以聽到植物的咔嗒聲，其實驗結果呈現有外人進入設置實驗的空間時，咔嗒聲會消失；以上的兩個研究，都呈現植物傳遞訊息經由植物外部空氣震動。



圖片來源：Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative. Cell, 106(7), 1328-1336.



圖片來源：BBC NEWS

我們根據文獻的資料，進行變因的改變，探尋植物訊息的傳遞。在國際的研究中皆採用麥克風進行植物聲音的蒐集，在設備上我們無法設置聲學箱來進行，因此我們利用 **PlantWave** 感測器及 **phyphox app** 來進行植物聲音的蒐集及頻率分析，聲音的蒐集來自植物內部的空蝕現象。在我們的研究中，一樣有進行水分不足及外界干擾的測試，研究結果與參考文獻相同，這兩項變因都會影響植物聲音頻率，但在我們的實驗中，更進一步實驗除水分不足，事實上水量過多也會影響植物聲音的頻率，而外接干擾除了接近植物時會影響之外，

對植物採用不同的碰觸方式也會影響植物的聲音頻率，透過數據的分析，讓我們更清楚植物在這些變因下，聲音頻率的變化。

二、實驗變因的控制

為了能更了解植物聲音訊息的傳遞，我們再實驗中探究多項變因。植物種類的選擇，選擇學校中既有的植物進行分析，共14種植物；在植物器官的選擇部分，因研究設備的因素，較粗的根及莖變無法透過感測夾夾住，所以都是以葉做為實驗器官；在環境變因的控制部分，因為無法進行到完全真空，我們採用透明塑膠袋封住植物，能接受到陽光又避免空氣進入，作為缺空氣的實驗設置；利用紙箱封住植物，在紙箱下方留一孔可以讓空氣流通，作為缺陽光的實驗設置。另外因感測器的侷限，因此在器官的選擇上，以葉子、花作為首選，而在莖的選擇上，需較小的莖進行實驗，所以植物選擇朱槿進行實驗，為多收集資料，莖的部分則挑選嫩莖及粗莖。而在相同器官不同位置的實驗中，仍以葉做為選擇，為了能盡量區分位置的不同，因此葉片需較大，所以實驗植物採用馬拉巴栗進行，包含感測器放置在葉子前端1/3、1/2位置及靠近葉柄的位置。



*以上照片皆由指導老師協助，作者群拍攝

三、顯微鏡下的空蝕現象

植物自古以來被認為是靜默的生物，但是我們從資料的蒐集中發現，植物其實能夠感知周圍的環境並做出反應，甚至能發出聲音，這些聲音通常是由植物內部的機械運動或生理變化所產生的。在所查詢的資料中有發現，這可能是植物內部發生「空蝕現象」（cavitation）的結果，亦即氣泡在木質部中形成並爆炸，之前也有研究發現空蝕現象會產生振動，而聲音的產生便來自於振動。植物的聲音並不像動物的叫聲那樣明顯，而是來自於微弱的聲波，植物在進行水分和養分傳輸時，會在葉片和莖幹內部產生氣泡和壓力變化，這些變化可能會以微弱的聲音表現出來；植物的根部或葉片會因為風、觸碰或是其他外界因素而發生微小的振動，這些振動能夠激發聲音；而某些植物的結構，如花瓣或葉片，可能會發生自然的共鳴，使得植物能發出聲音。在流動的液體中氣相的空穴，亦即極小的無液體空間，產生與消滅間便產生空蝕現象，是一種物理現象，是力作用在液體的結果，當液體受到壓力的快速改變時會產生空穴，當植物維管束中水分流動速度產生變化，此空穴中氣體壓力速度也跟著變化，

因而震動而產生聲音。我們改變變因，經由植物內部的空蝕現象所產生的振動而發出的聲音，在維管束中傳遞，透過 PlantWave 感測器接收到傳遞至葉的聲音。

為了更進一步探究，我們利用手持顯微鏡，放大觀察水分在植物維管束中的情形，透過顯微鏡的鏡頭，可以觀察到水分流動情形會影響測得的聲音頻率，但在我們研究的設備上，沒有辦法進一步透過數據的分析更精密的呈現與植物頻率變化的關係，在未來的研究上，我們希望可以更精確的呈現數據，透過空蝕現象解釋植物聲音的頻率。



馬拉巴栗



翠蘆莉



楓香

*手持顯微鏡下的照片皆由指導老師協助，作者群拍攝

四、實驗延伸討論

從我們的實驗中發現，改變環境包含缺水、缺陽光及缺空氣，植物發出的聲音頻率會有變化，而在改變澆水量的實驗中也發現，不同澆水量，植物所發出的聲音也會有不同的頻率呈現，因為這兩個實驗都會進行一段時間，我們在蒐集資料的過程中，也有資料提到溫度及濕度會影響蒸散作用，我們在自然課學習到的蒸散作用是植物體內的水分從植物根部到葉片再到大氣中的過程，而水在植物體內流動的情形是我們收集到植物聲音頻率的重要理論依據，所以我們進一步分析環境的溫度和溼度對聲音頻率的影響，在我們的紀錄中，當濕度相當時，溫度差距5.5度，在溫度較高的環境測得的頻率較高，當溫度相當，濕度差距40%，在濕度較低的環境測得的頻率較高，但因為測量的時間點收集到的資料並不多，要固定溫度或濕度，再進行比較的資料筆數各僅有兩份，未來的研究可以再做長時間的資料收集，探究環境的溫度與濕度對植物所發出的聲音頻率的影響。

陸、結論

一，植物葉片面積的大小不同，會影響植物所發出的聲音頻率。葉片面積較大，蒸散作用較明顯，水分在維管束中的流動速度較快，因為產生的空蝕效應，在維管束中的空氣振動較快，因此聲音頻率較高。

二、植物生存的環境會影響植物所發出的聲音頻率。植物缺乏生存要件（陽光、水及空氣），會加速水份在維管束中的傳輸速度，因空蝕效應，在維管束中的空氣振動較快，因此聲音頻率較高。

三、對植物的澆水量會影響植物所發出的聲音頻率。在植物可以接受的適量澆水量內，澆水量越多，因蒸散作用使水分流動加速，在空蝕效應的作用下，測得的頻率較高，但超出植物可以接受的澆水量，頻率便會下降。

四、外界對植物的碰觸會影響植物所發出的聲音頻率。碰觸的方式若會排除葉片上因蒸散作用後的水分，所得到植物聲音的頻率會較高，碰觸方式若會葉片維管束中水分的傳輸，所得到植物聲音的頻率會較低。這似乎也可說明植物在外界的接觸中，對於不同的碰觸方式，透過聲音表現出不同的感受。

五、植物不同器官所發出的聲音頻率不相同。水分在植物體內流動，在不同器官的維管束水分傳輸速度不相同，而植物種植的位置也會影響植物所發出的聲音頻率，直接種植在地表比種植在盆栽中的植物，所測得的聲音頻率比較高。

六、植物生長需要水分，水分由根吸收，再傳輸到莖、葉等器官，水分在維管束中流動，本研究經由手持顯微鏡觀察，發現水流動的速度會影響植物聲音的頻率。

柒、參考文獻資料

一、泛科學(Pan Sci) <https://pansci.asia/archives/363748>

二、植物會說話？讓科學界半信半疑的爭議與謎團。

<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/science-58540489>

三、植物面臨壓力會尖叫！遠見。 <https://www.gvm.com.tw/article/101513>

四、Plant Wave <https://plantwave.com/en-tw/pages/science>

五、聲音頻率 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%A3%B0%E9%9F%B3>

六、Khait I, Lewin-Epstein O, Sharon R. (2023). Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative. *Cell*, 106(7), 1328-1336.

* 本作品所有照片及圖片皆由指導老師協助，作者群拍攝及製作。

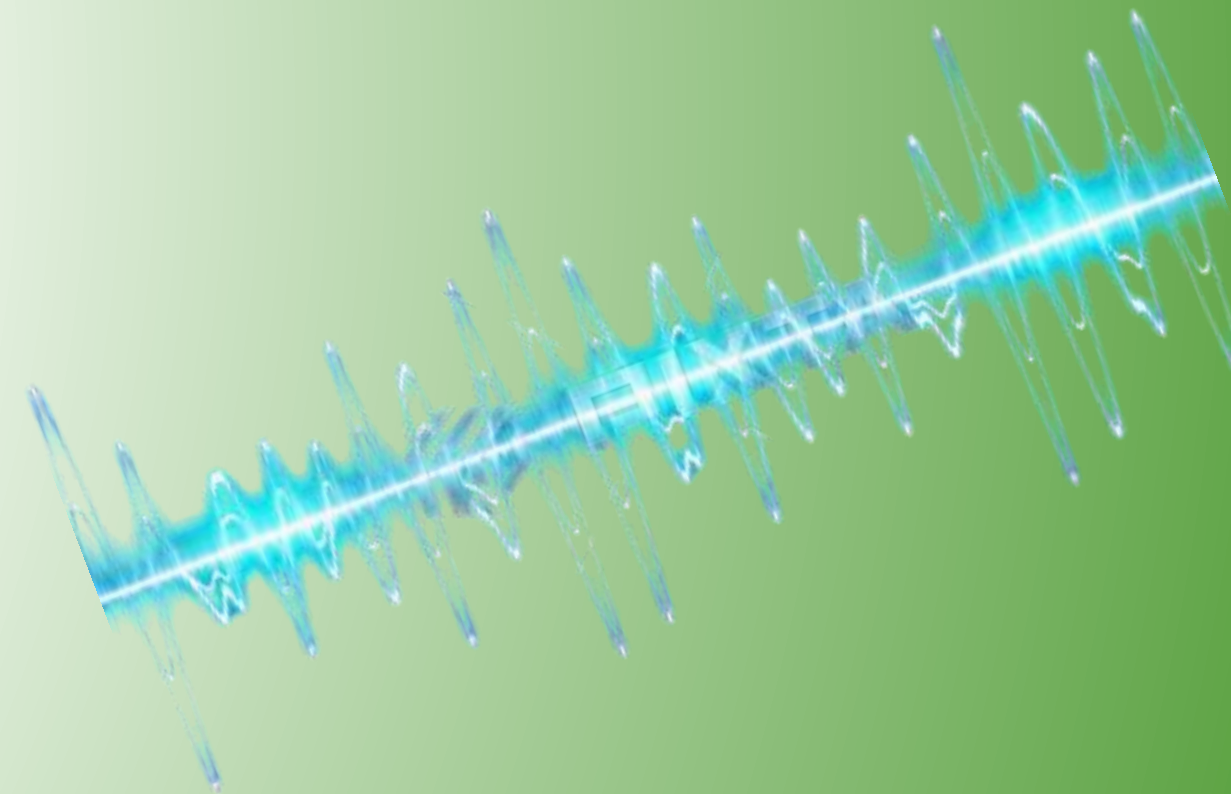
【評語】 080113

這作品植物因空蝕現象產生震動，感測器測到震動波，轉換成聲音，測得頻率。文獻探討中，對於聲波及音頻，空蝕效應，均有說明。探究植物聲音收集方式及音頻的分析。研究多項影響植物聲音訊息變因。此作品為植物生理現象的探索開創新方向。作品具有創新性及有趣！

作品海報



植物聊天室~ 聲音頻率之探究



●摘要

聲音是振動產生的聲波，當流體中形成氣泡或空隙時，壓力會迅速下降到蒸氣壓以下，於是就會發生空蝕現象，產生震動而有聲音。我們利用PlantWave感測器，夾住植物的葉子，植物因空蝕現象產生震動，感測器測到震動電波，透過演算法轉換成聲音，再將聲音經由phyphox app測得其頻率。我們進一步以植物的種類、不同器官、不同環境、不同對待方式、不同的澆水量等作為實驗的變因進行，再透過手持顯微鏡的鏡頭觀察水分在維管束中流動情形，結果發現實驗葉片面積較大者、同株植物較成熟的莖、環境的溫度較高濕度較低、在受觸摸對待、水量較多、缺少空氣及陽光的狀態下，水分傳輸變化較快，推測在植物內部氣泡及壓力產生變化，形成空蝕現象，因而所測得的聲音頻率較高。

●研究問題

- ✓ 探究植物聲音頻率收集的方法以及音頻的分析方式。
- ✓ 探討植物不同器官，聲音頻率的差異性。
- ✓ 探討植物相同器官不同位置，聲音頻率的差異性。
- ✓ 探究不同植物的聲音頻率是否具有差異。
- ✓ 探討環境對植物聲音頻率的影響。
- ✓ 探究水量對植物聲音頻率的影響。
- ✓ 外界物質的碰觸對植物聲音頻率的影響。

●研究設備和器材

本作品照片及圖片皆由作者群拍攝製作

Experience PlantWave 播放器	朱槿	金露花	種植盆栽中的馬拉巴栗	琴葉榕	翠蘆莉	蒜香藤	蛇根菊	鵝掌藤
蠟燭木	大花紫薇	阿勃勒	種植土壤中的馬拉巴栗	陰香	琴葉榕盆栽	楓香	輪散莎草	手持顯微鏡

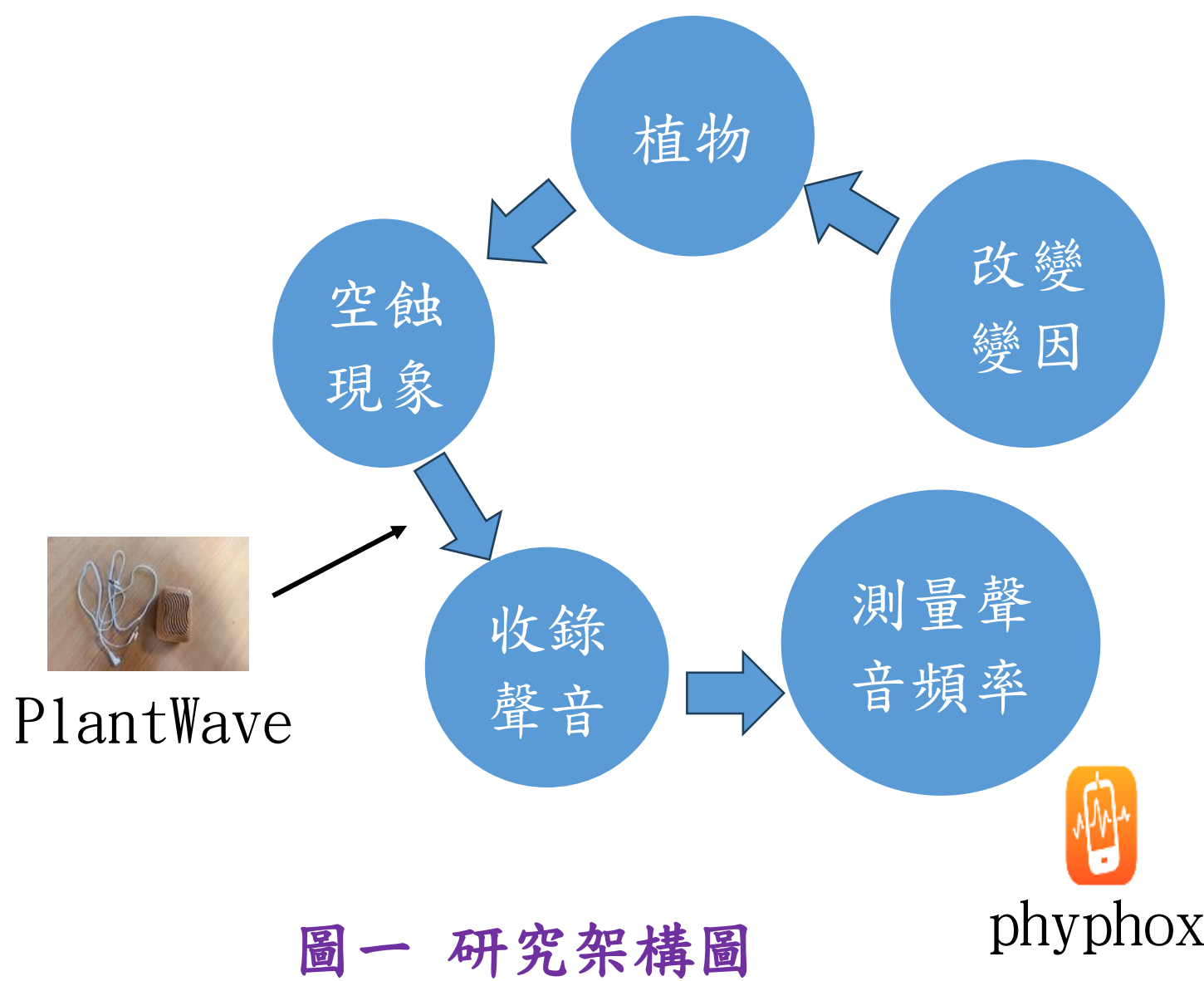
●研究過程及步驟

探究植物聲音產生的相關研究，建立本研究的理論基礎

探究植物聲音頻率收集的方法以及音頻的分析方式

探討各項變因對植物聲音頻率的影響

以空蝕現象為理論依據，統整分析植物聊天室的奧秘

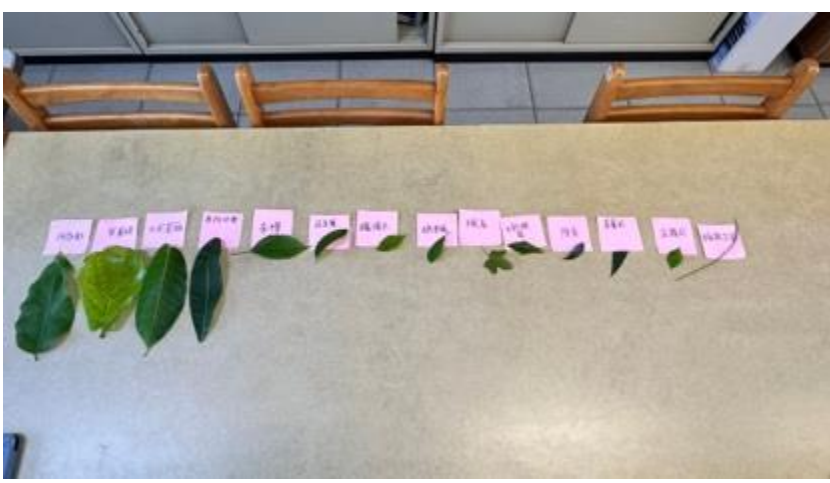


研究過程操作步驟

將 PlantWave 透過藍芽與平板連接（圖3-3）	將電極引線插頭連接 PlantWave，另一端電擊夾連接植物的器官（圖3-4）
開啟 PlantWave 上的聲音錄製功能，擷取 10秒鐘音檔後儲存（圖3-5）	將音檔透過 phyphox app 進行聲譜分析，擷取聲波圖及儲存數據（圖3-6）



植物不同器官



改變植物種類



改變植物位置



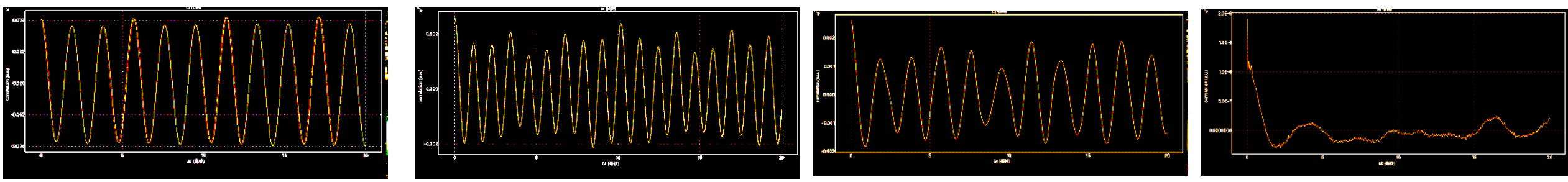
改變環境設置



改變澆水量

●研究結果

一、探討植物不同器官，聲音頻率的差異性

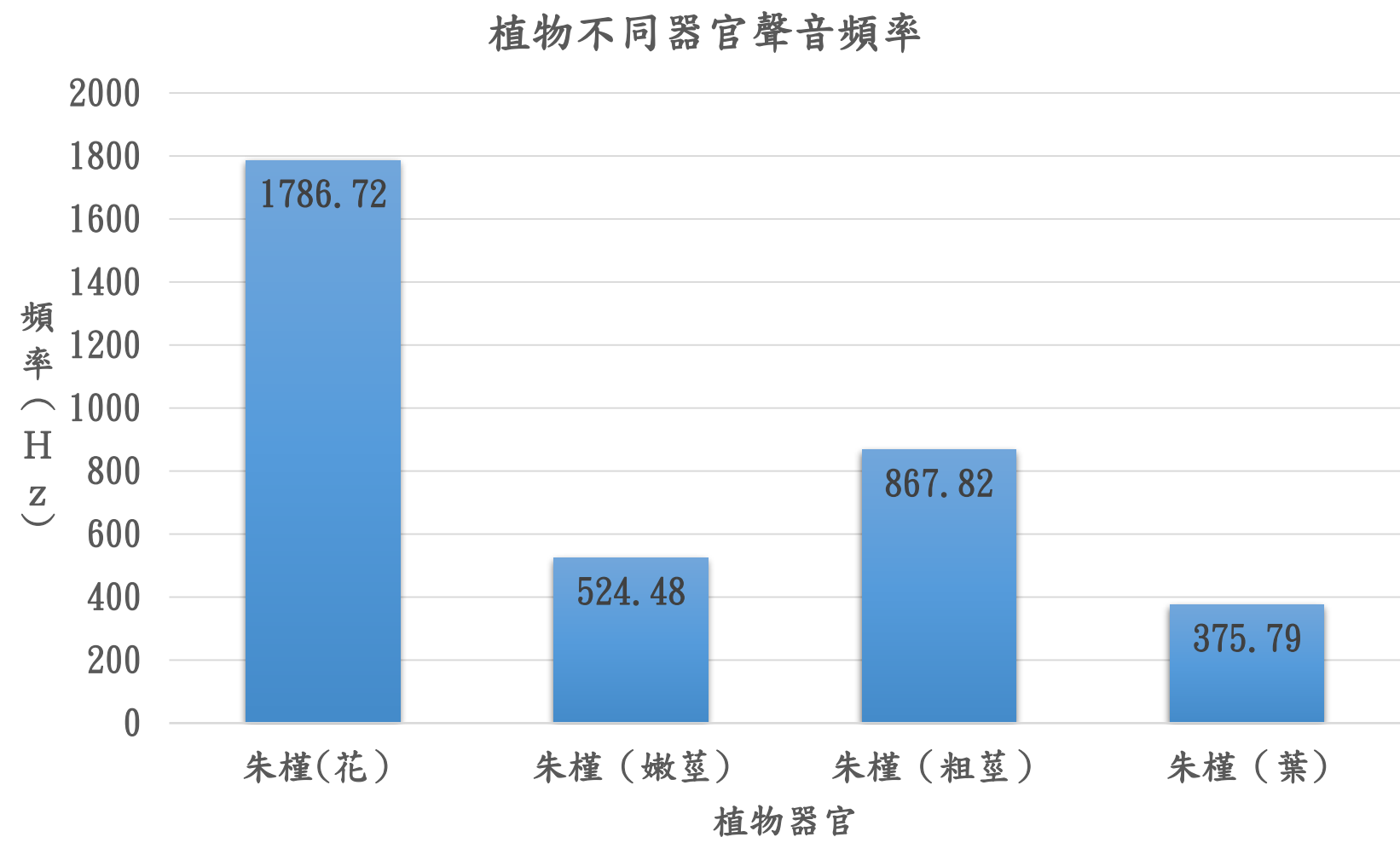


嫩莖

粗莖

葉

花

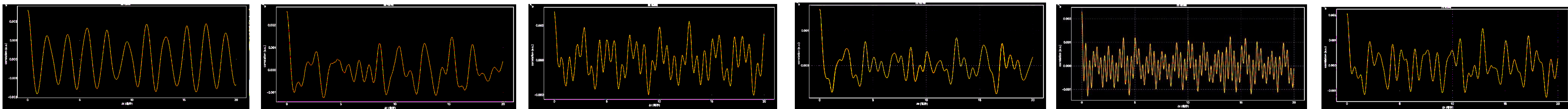


圖二 植物不同器官聲音頻率比較圖

➤ 結果：

植物在不同器官所錄製到的聲音頻率並不相同，以在花瓣的聲音頻率最高，莖次之，其中粗莖又較嫩莖高，葉的頻率則較低，我們推測花瓣上的維管束較為密集，水分要分佈到花瓣上所有的維管束，需要較快的水流速度，而水分由根部運送到莖再到葉，在莖的流動速度快，因水流動速度快，當氣泡破裂形成的氣壓變化較快，所以測得的頻率較高。

二、探究不同植物的聲音頻率是否具有差異



朱槿

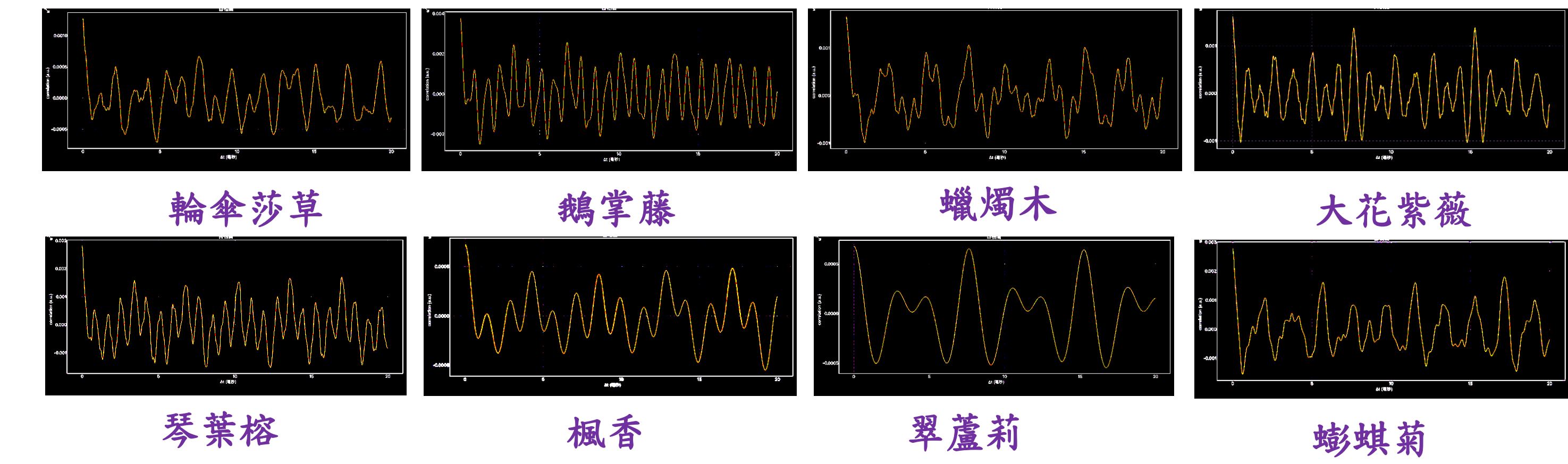
馬拉巴栗

蒜香藤

金露花

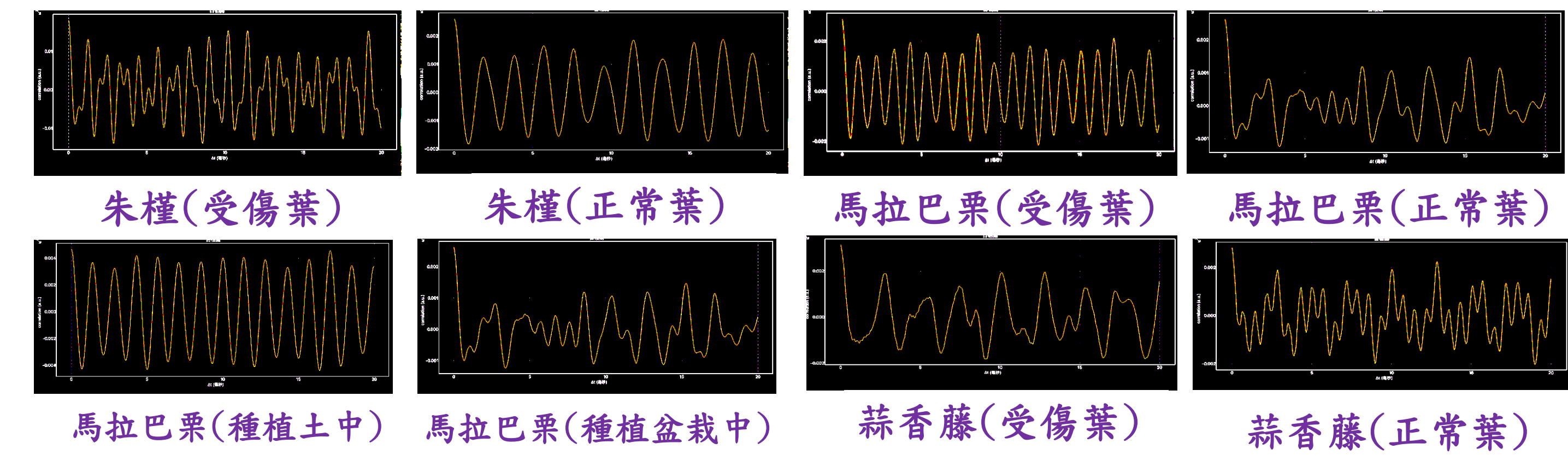
阿勃勒

陰香



➤ 結果

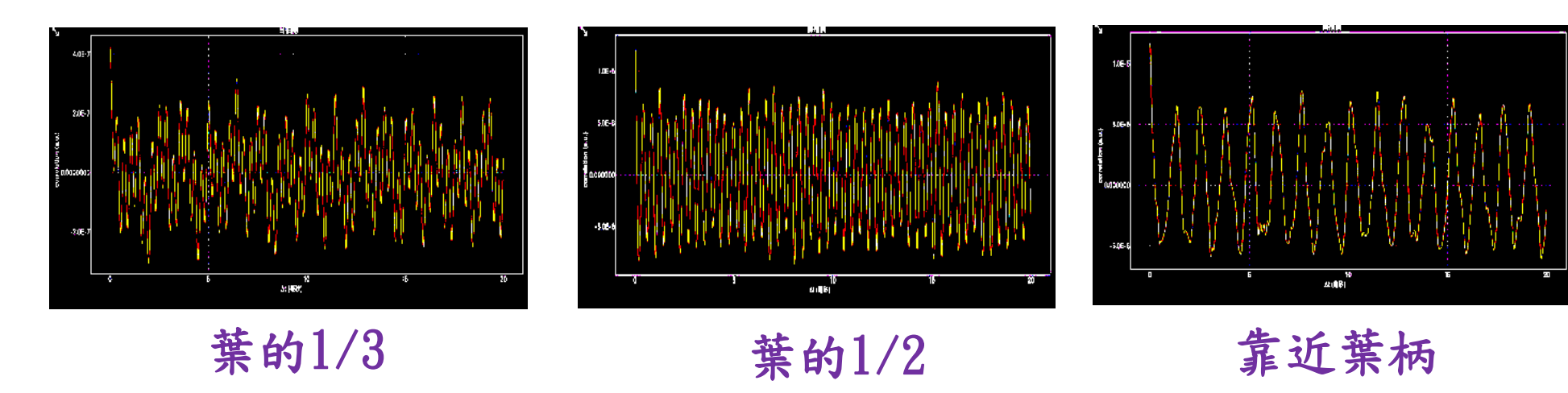
不同植物所收集到的聲音皆不相同，在所實驗的14種植物中，以阿勃勒所測得得聲音頻率最高，輪散莎草所測得的聲音頻率最低。進一步將所測量的植物葉片進行面積的換算，發現面積較大的葉子，所測量到的聲音頻率較高，相對葉片面積較小，聲音頻率就較低，推測因為植物的蒸散作用，葉片較大蒸散作用較明顯，水分在維管束中的流動速度較快，產生的氣體壓力變化速度較快，所以空氣振動較快因而測得的聲音頻率較高。



➤ 結果

同種植物的葉子，受傷的葉子所測得的音頻比正常的葉子來得高，而種植在盆栽中與種植在地表的植物，所測得的頻率以種植在地表的較高，推測受傷的葉子，維管束在受傷處形成缺口，因而水分在植物體內的流動速度變快，氣體壓力速度的加快使得震動速度較快，測得的頻率相對較高，種植在盆在中的植物，推測因澆入的水分会侷限在盆栽中，因此水分傳輸較種植在土壤中的植物快，頻率相對較高。

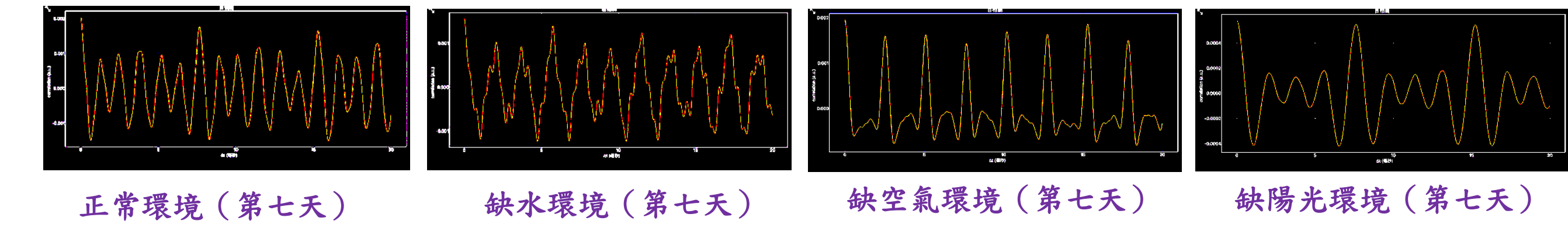
三、探討植物相同器官不同位置，聲音頻率的差異性



➤ 結果

在葉子中間位置，頻率相對較高，而在接近葉柄的位置，頻率最低，在葉子前端1/3位置，測得的聲音頻率次之，推測在葉子中間這個位置葉面面積較大，蒸散作用較快因而在維管束中水流動速度快，形成的壓力變化速度快，氣體震動也較快，因此測得的頻率較高。

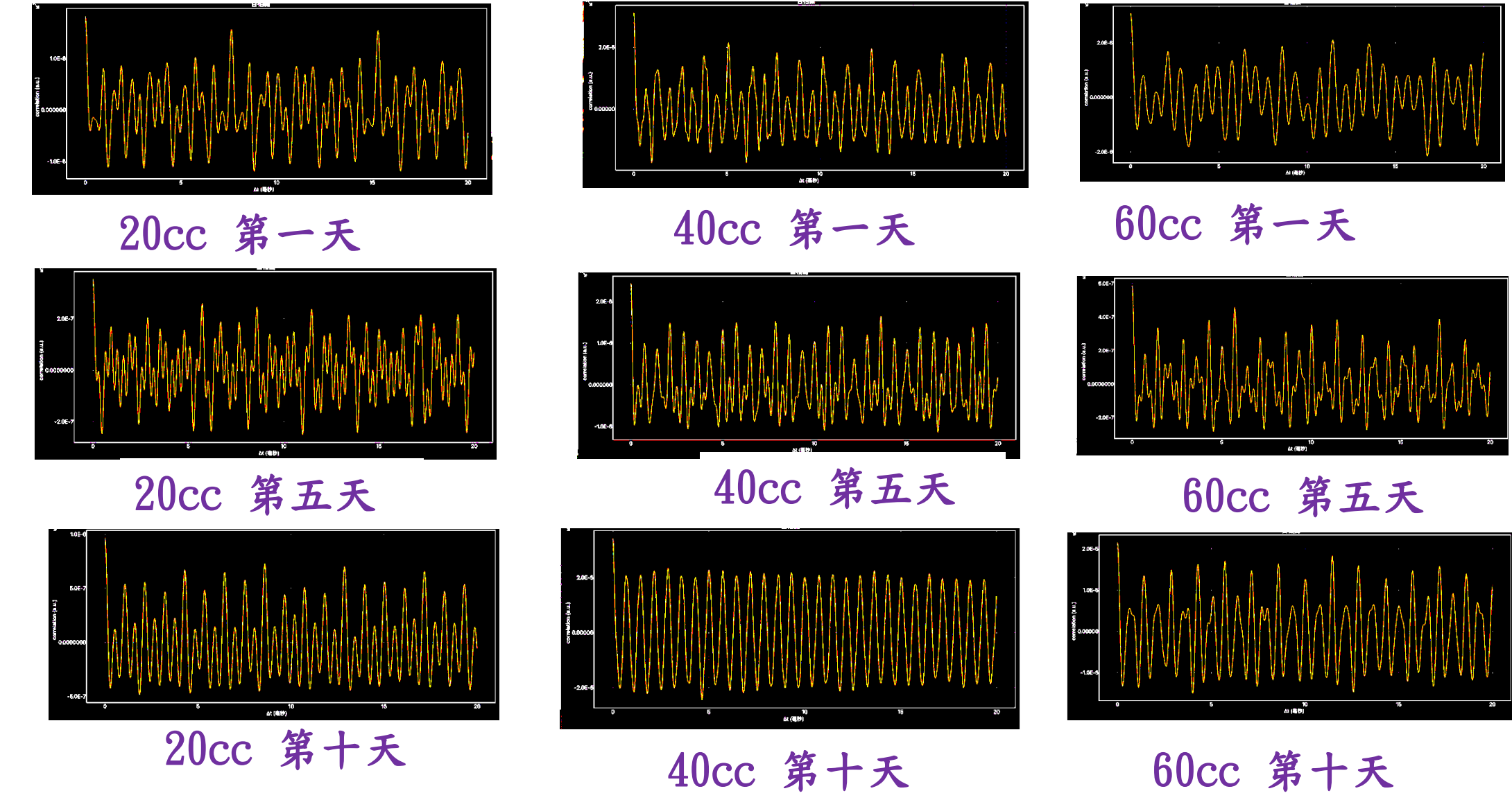
四、探討環境對植物聲音頻率的影響



➤ 結果

在一般正常的環境之下，所測得的頻率有逐漸攀升的現象；在缺水的環境下所測得的音頻隨時間下降，在第21天測不到聲音；在缺空氣的環境之下，在前14天所測得的頻率有逐漸下降的趨勢，而在第21天的頻率突升；在缺陽光的環境之下，所測到的頻率為先降後升，在第14天後便開始提升。在不同的環境下，第21天所測得的頻率，除缺水的植物無法測出聲音之外，以缺陽光的環境頻率相對較高，而在一般正常的環境下所測得的頻率相對較低。植物生長需要水、陽光及空氣，推測植物在缺乏陽光及空氣的樣態下，為求生存，水分在維管束中快速傳輸，因壓力變化的速度較快，氣體的震動速度快因而發出的聲音頻率相對較高。

五、探究澆水量對植物聲音頻率的影響

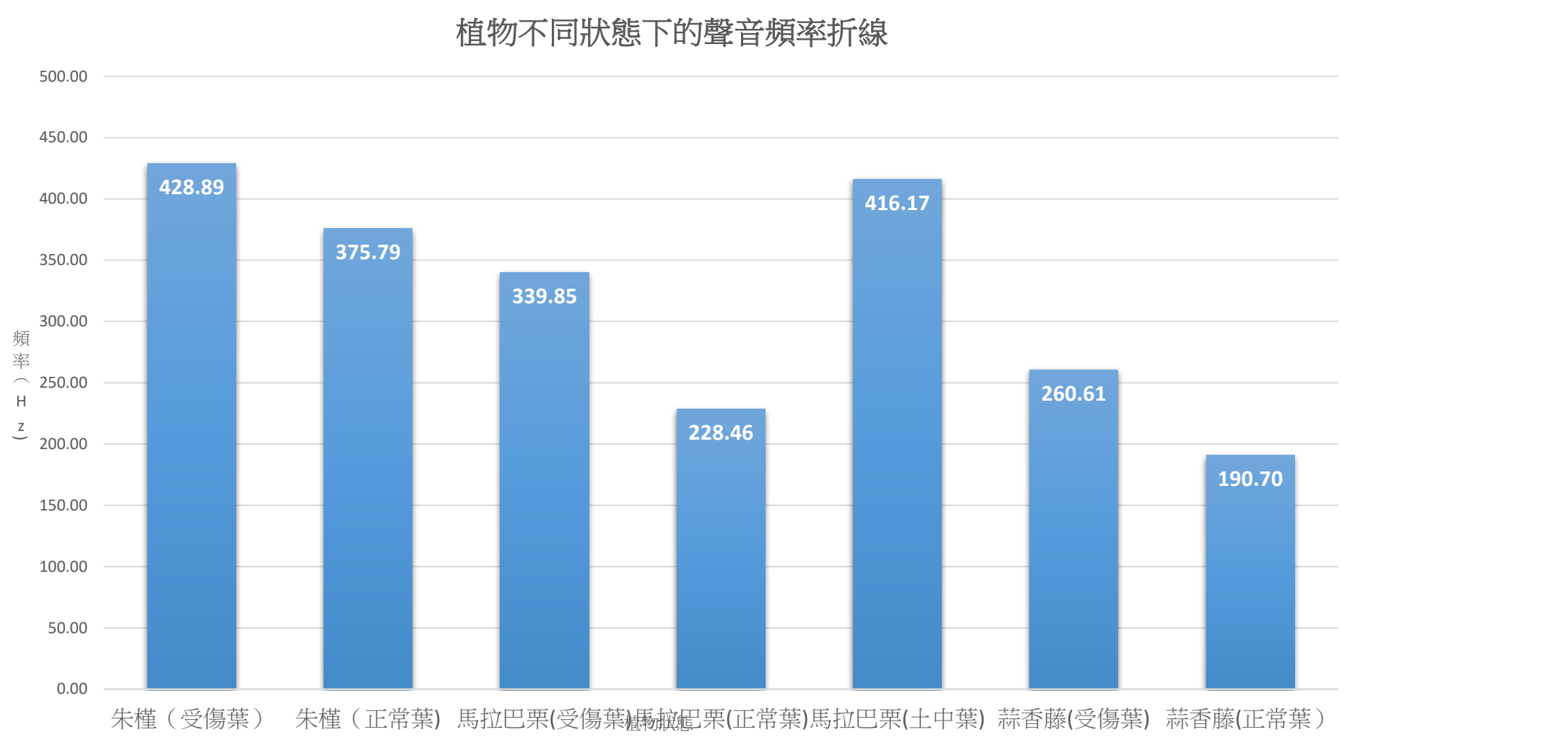


➤ 結果

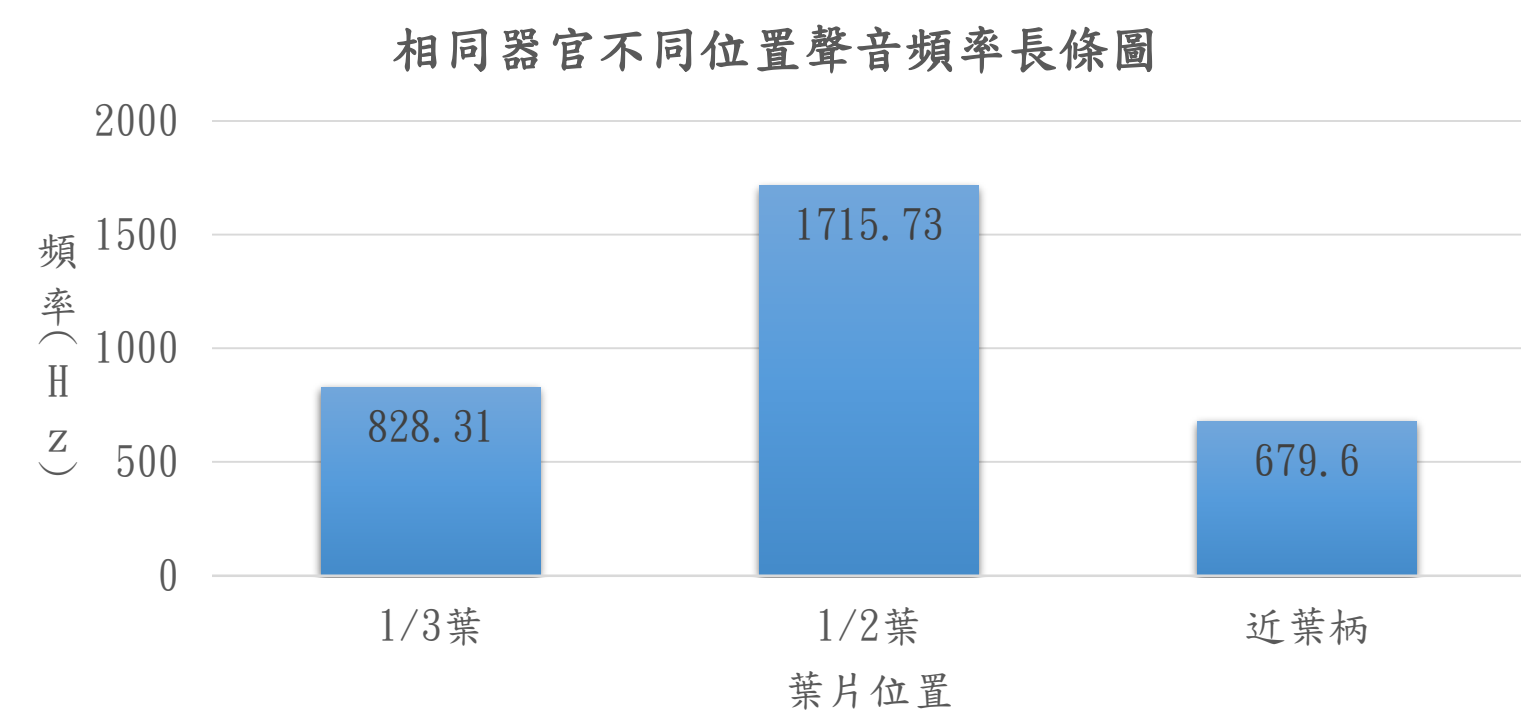
同一天不同時間點，澆水量在20cc-50cc時所測得的頻率都是先將再升，10cc是逐漸升高，60cc則是逐漸降低，且在所有澆水量中頻率相對較低。推測澆水量在10cc時，水分在植物維管束中傳輸順暢，因蒸散作用使水分流動隨時間加速，壓力變化大氣體震動較快，測得的頻率變逐漸升高；20cc-50cc推測這樣的水量對本實驗的植物而言，一下子太多，所以在傳輸上因為量多而速度變慢，但隨時間增加，水分在維管束中的傳輸逐漸穩定，速度逐漸變快，壓力變化速度跟著加快氣體震動速度也加快，聲音頻率因而先降後升；而在60cc的情形，推測是水量太多，因在實驗過程中觀察到澆入60cc的水已溢出盆栽流至水盤，水分一下子過多造成水分傳輸變慢，水分無法在實驗的時間內排解，水分在維管束中流動速度慢，壓力變化速度也較慢，所測得的頻率則相對較低。



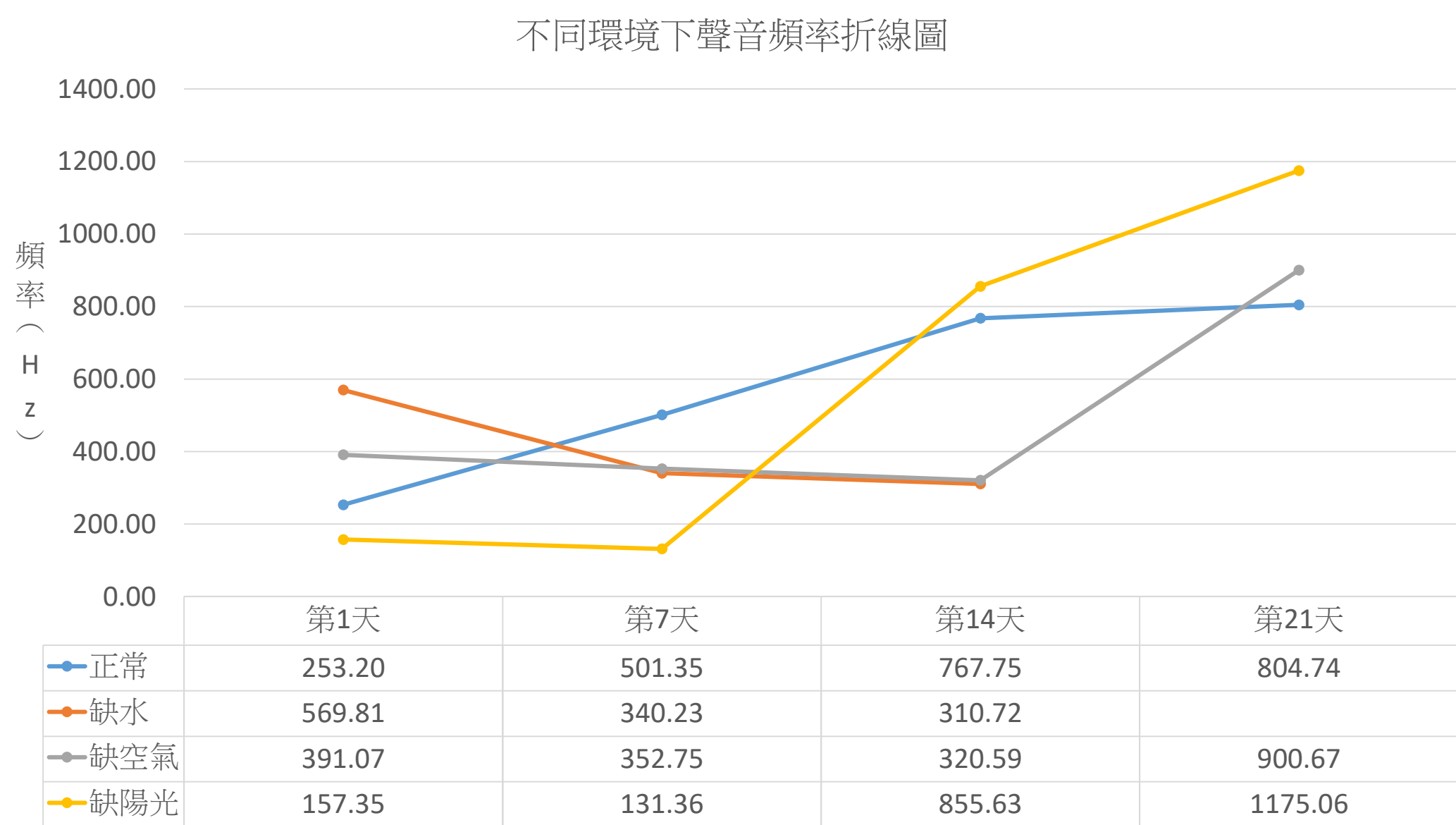
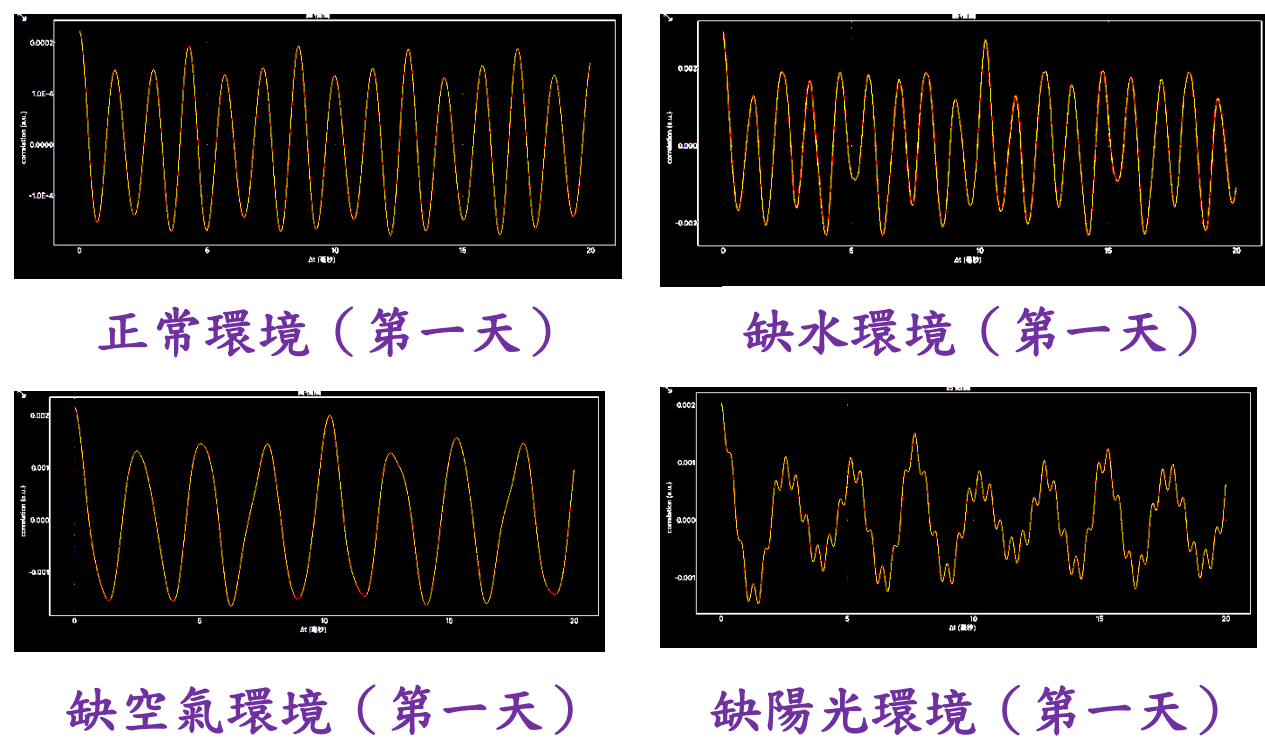
圖三 不同植物的聲音頻率長條圖



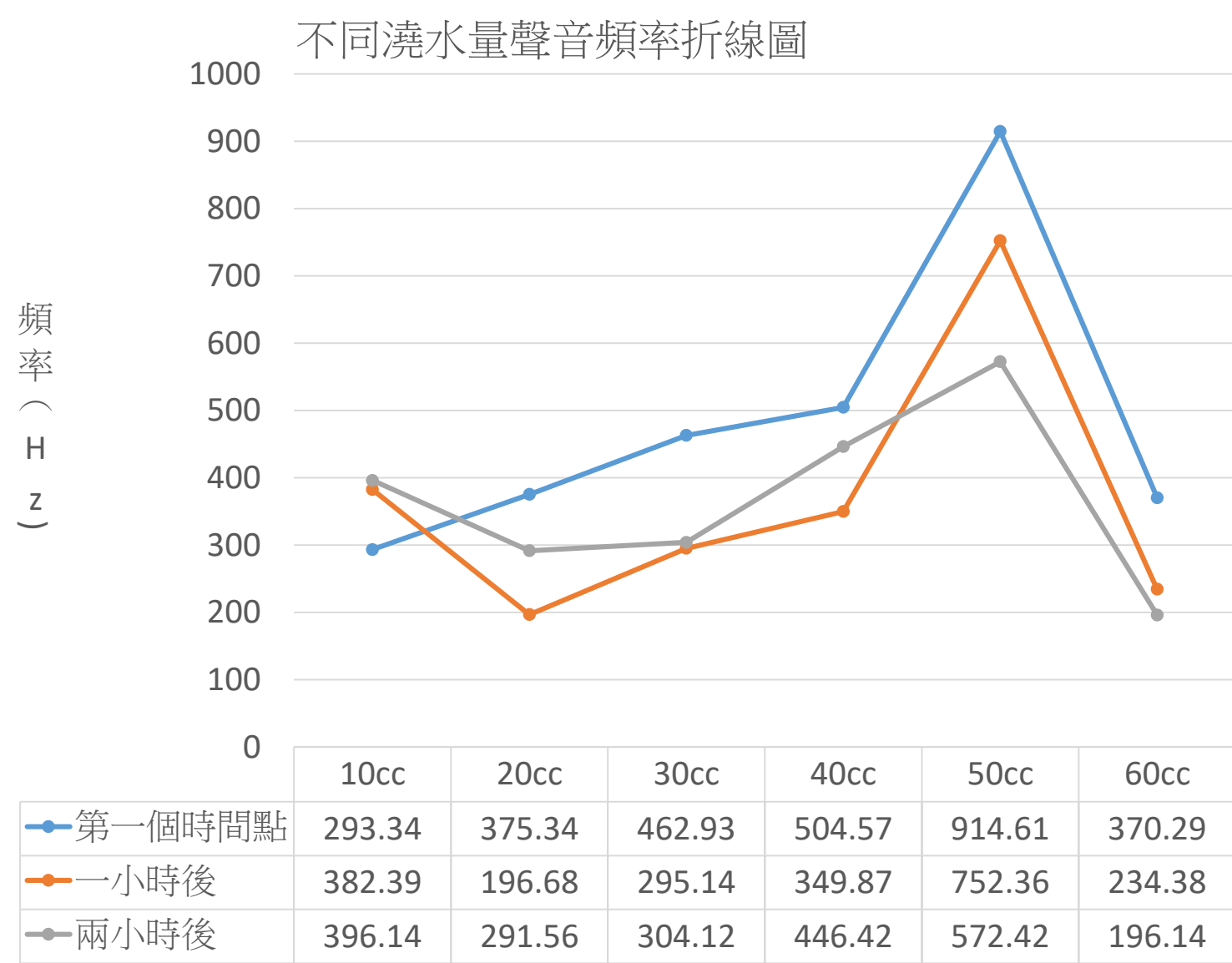
圖四 植物在不同狀態聲音頻率長條圖



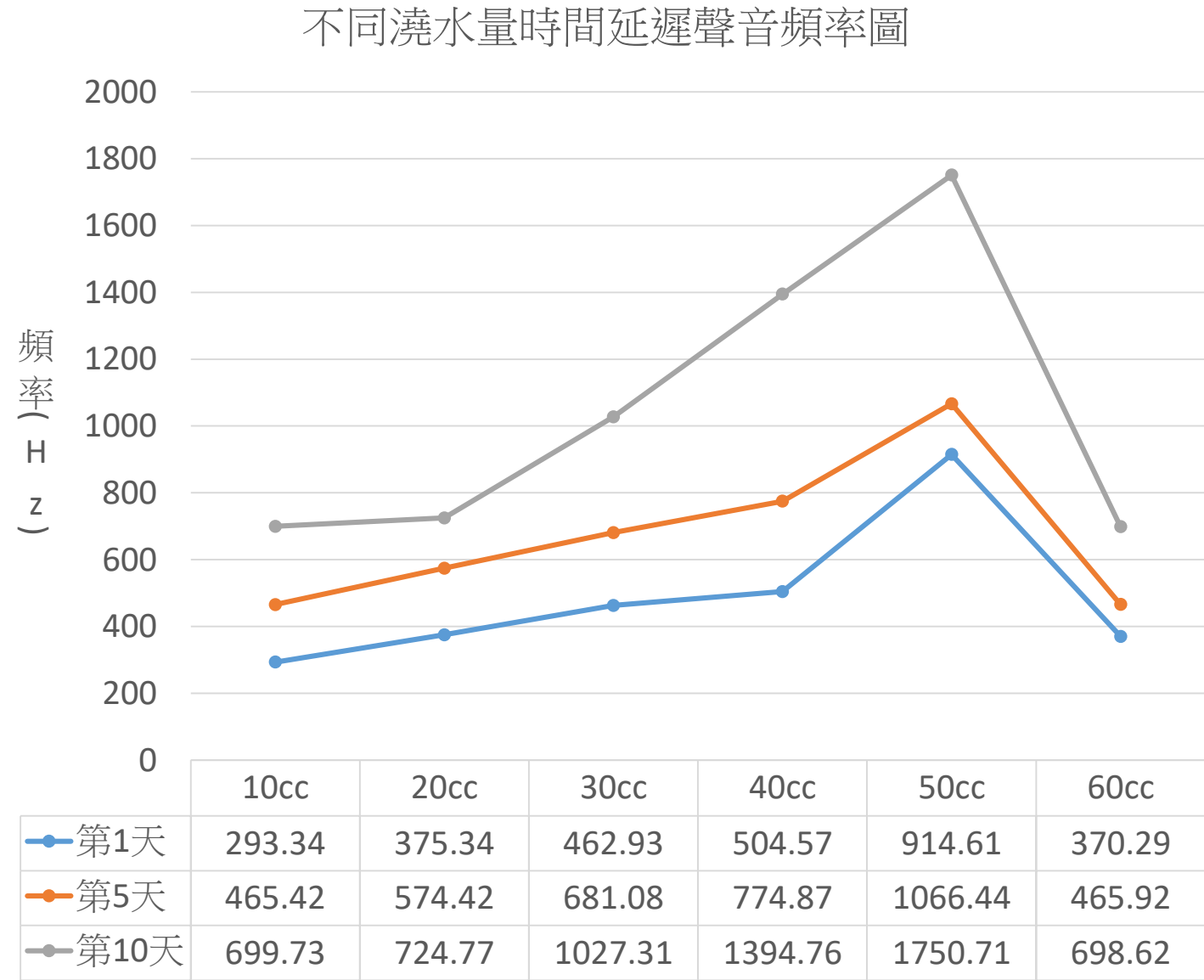
圖五 相同器官不同位置聲音頻率長條圖



圖六 不同環境下聲音頻率折線圖

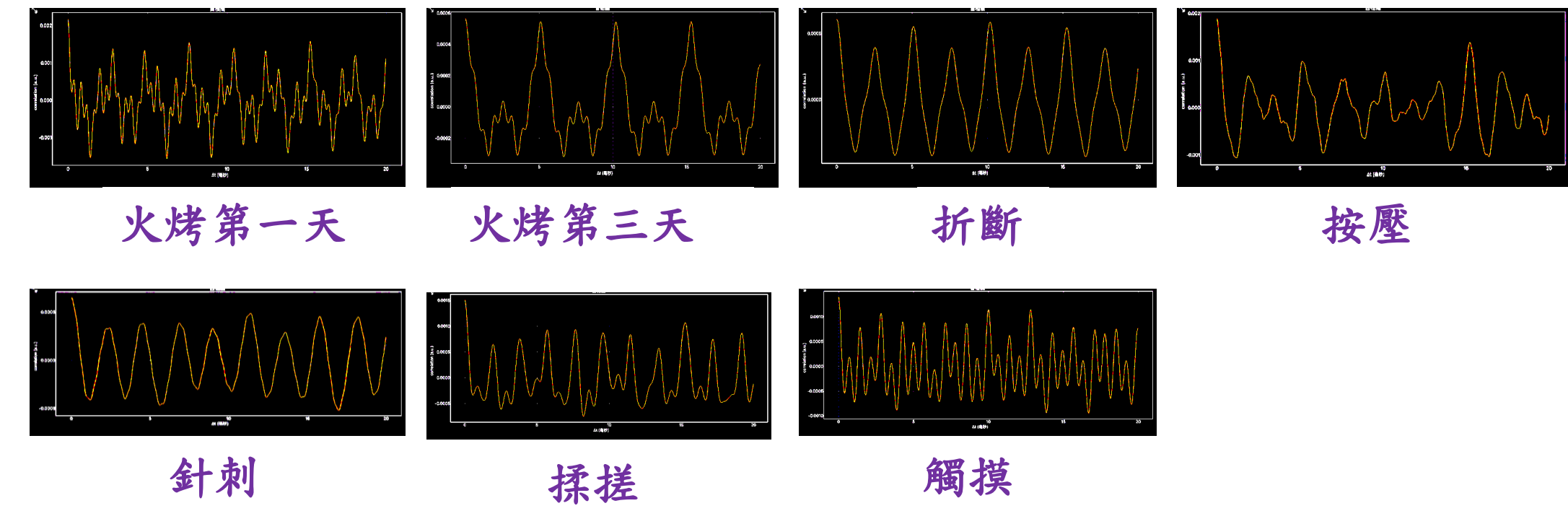


圖七 不同澆水量聲音頻率折線圖



圖八 不同澆水量時間延遲聲音頻率圖

六、外界物質的碰觸對植物聲音頻率的影響



➤ 結果

不同的觸碰方式所測得的聲音頻率以觸摸的頻率相對較高，其他的方式差距不大，以按壓的方式頻率相對較小，推測採用觸摸的過程中，以手來回撫摸的過程，葉片上因蒸散作用的水分被手排除，因而可能加速植物葉片中水份的傳輸速度，壓力變化速度加快，感測器接收的維管束中空氣振動的速度加快，故測得較高的聲音頻率，而按壓的方式為固定一處壓在葉片上，推測可能阻斷水的傳輸，因而降低空氣振動的頻率，故測得的聲音頻率相對較低。

● 討論

一、從參考文獻中進行延伸研究探究植物訊息傳遞

從文獻資料中我們知道有關植物聲音的研究內容，整理如下：

- (一)實驗設置在聲學箱中使用麥克風收音，再傳輸到電腦中，結果呈現不同缺水程度下發出的聲音是不同的；
- (二)勞拉.貝洛夫將植物根部連接到接觸式麥克風上，透過電腦軟體讓人類可以聽到植物的咔嗒聲，其實驗結果呈現有外人進入設置實驗的空間時，咔嗒聲會消失。

✓ 以上的兩個研究，都呈現植物傳遞訊息經由植物外部空氣震動。

✓ 我們的研究利用PlantWave感測器及phyphox app進行植物聲音的蒐集及頻率分析，聲音的蒐集來自植物內部的空蝕現象。實驗得到除水分不足，事實上水量過多也會影響植物聲音的頻率，而外界干擾除了接近植物時會影響之外，對植物採用不同的碰觸方式也會影響植物的聲音頻率，透過數據的分析，讓我們更清楚植物在這些變因下，聲音頻率的變化。

二、實驗變因的控制

為了能更了解植物聲音訊息的傳遞，我們在實驗中探究多項變因。

- ✓ 14種植物，因研究設備的因素，都是以葉做為實驗器官。
- ✓ 環境變因的控制部分，我們採用透明塑膠袋封住植物，能接受到陽光又避免空氣進入，作為缺空氣的實驗設置；利用紙箱封住植物，在紙箱下方留一孔可以讓空氣流通，作為缺陽光的實驗設置。
- ✓ 因感測器的侷限，因此在器官的選擇上，以葉子、花作為首選，而在莖的選擇上，需較小的莖進行實驗，所以植物選擇朱槿進行實驗，為多收集資料，莖的部分則挑選嫩莖及粗莖。
- ✓ 相同器官不同位置的實驗中，仍以葉做為選擇，將感測器放置在葉子前端1/3、1/2位置及靠近葉柄的位置。

三、顯微鏡下的空蝕現象

植物的聲音並不像動物的叫聲那樣明顯，而是來自於微弱的聲波，植物在進行水分和養分傳輸時，會在葉片和莖幹內部產生氣泡和壓力變化，這些變化可能會以微弱的聲音表現出來；植物維管束中水分流動速度產生變化，此空穴中氣體壓力速度也跟著變化，因而震動而產生聲音。我們利用手持顯微鏡，放大觀察水分在植物維管束中的情形，透過顯微鏡的鏡頭，可以觀察到水分流動情形會影響測得的聲音頻率，但在我們研究的設備上，沒有辦法進一步透過數據的分析更精密的呈現與植物頻率變化的關係，在未來的研究上，我們希望可以更精確的呈現數據，透過空蝕現象解釋植物聲音的頻率。

四、實驗延伸討論

我們在蒐集資料的過程中，也有資料提到溫度及濕度會影響蒸散作用，所以我們進一步分析環境的溫度和溼度對聲音頻率的影響，在我們的紀錄中，當濕度相當時，溫度差距5.5度，在溫度較高的環境測得的頻率較高，當溫度相當，濕度差距40%，在濕度較低的環境測得的頻率較高，但因為測量的時間點收集到的資料並不多，要固定溫度或濕度，再進行比較的資料筆數各僅有兩份，未來的研究可以再做長時間的資料收集，探究環境的溫度與濕度對植物所發出的聲音頻率的影響。

● 結論

- 一、植物葉片面積的大小不同，會影響植物所發出的聲音頻率。葉片面積較大，蒸散作用較明顯，水分在維管束中的流動速度較快，因為產生的空蝕效應，在維管束中的空氣振動較快，因此聲音頻率較高。
- 二、植物生存的環境會影響植物所發出的聲音頻率。植物缺乏生存要件（陽光、水及空氣），會加速水份在維管束中的傳輸速度，因空蝕效應，在維管束中的空氣振動較快，因此聲音頻率較高。
- 三、對植物的澆水量會影響植物所發出的聲音頻率。在植物可以接受的適量澆水量內，澆水量越多，因蒸散作用使水分流動加速，在空蝕效應的作用下，測得的頻率較高，但超出植物可以接受的澆水量，頻率便會下降。
- 四、外界對植物的碰觸會影響植物所發出的聲音頻率。碰觸若是將葉片上因蒸散作用後的水分排除，所得到植物聲音的頻率會較高，若是阻隔葉片維管束中水分的傳輸，聲音的頻率會較低。
- 五、植物不同器官所發出的聲音頻率不相同。水分在植物體內流動，在不同器官的維管束水分傳輸速度不相同，直接種植在地表比種植在盆栽中的植物，所測得的聲音頻率比較高。
- 六、植物生長需要水分，水分由根吸收，再傳輸到莖、葉等器官，水分在維管束中流動，本研究經由手持顯微鏡觀察，發現水流動的速度會影響植物聲音的頻率。

