



嶺東科技大學
LING TUNG UNIVERSITY

資訊管理系

智慧農業-探討植物在空氣傳 播的聲音

指導教授：陳志明 教授

組員名單：羅嘉惠 A98C013

葉沛均 A98C012

林映均 A98C014

中 華 民 國 1 1 3 年 0 5 月



嶺東科技大學
LING TUNG UNIVERSITY

資訊管理系專題口試委員審定書

智慧農業-探討植物在空氣傳播 的聲音

指導教授：陳志明 教授

組員名單：羅嘉惠 A98C013

葉沛均 A98C012

林映均 A98C014

指導教授：_____

口試委員：_____

中華民國 1 1 3 年 0 5 月

謝 誌

本專題報告得以順利完成，首先要感謝恩師陳志明教授細心引導我們，耐心的協助我們，克服研究過程中所面臨的困難，給予我們最大的協助，使本專題得以順利完成。

研究報告口試期間，感謝陳健忠老師、王曉玫老師、馮曼琳老師不辭辛勞細心審閱，不僅給予我們指導，並且提供寶貴的建議，使我們的專題內容以更臻完善，在此由衷的感謝。

最後，感謝系上諸位老師在各學科領域的熱心指導，增進我們資訊管理的知識範疇，在此一併致上最高謝意。

羅嘉惠

葉沛均 謹誌

林映均

中華民國 113 年 05 月於嶺東

摘要

傳統農業中，農民主要仰賴經驗和觀察進行農作物種植，然而，透過現代科技，希望經由我們的研究能拓展智慧農業的新領域，加強對植物生長的精準監控，同時確保植物的健康，預測植物的最佳種植條件，從而提供農民更精確的管理指南，為農民提供更多植物在生態中的信息。

隨著科技不斷進步，農業領域逐漸引入智慧技術。近年來，國外生物學家提供相關論文和數據，其中包括運用監測技術來了解植物的生長狀況，以提高農業生產效率並改善農作物品質，進而為農民帶來實質經濟收益。

本研究除了探討是否能對農作物有實際效益外，同時分析植物是否具有產生聲音的能力，並對植物生長構造加以介紹聲音是如何產生。

關鍵詞：智慧農業、聲波、植物聲學、植物感知

目錄

摘要.....	I
目錄.....	II
表目錄.....	III
圖目錄.....	IV
第壹章、緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
第貳章、文獻回顧與探討.....	2
2.1 研究植物構造及感官.....	2
2.1.1 文獻相關植物.....	3
2.2 聲音之標準.....	3
2.3 超聲波麥克風.....	4
2.4 Room EQ Wizard (REW) 聲學測量軟體.....	5
2.5 Sound Forge 音頻編輯軟體.....	5
2.6 Asus Xonar SE 音效卡.....	6
2.7 先前研究(一).....	7
2.8 先前研究(二).....	12
2.9 先前研究(三).....	12
2.10 先前研究(四).....	13
第參章、研究方法.....	16
3.1 研究流程.....	16
3.2 實驗操作.....	16
3.3 實驗過程.....	16
第肆章、結論.....	18
參考文獻.....	19

表目錄

表 2.1 植物構造彙整表.....	3
表 2.2 音效卡規格表.....	6
表 2.3 番茄與菸草之最大能量頻率、平均聲音強度數據.....	10

圖目錄

圖 2.1 植物基本構造	2
圖 2.2 分貝指數圖[5]	4
圖 2.3 聲波頻率範圍	4
圖 2.4 REW 軟體 logo	5
圖 2.5 Sound Forge 軟體 logo	6
圖 2.6 Asus Xonar SE 音效卡	7
圖 2.7 聲學盒	7
圖 2.8 番茄、菸草平均聲音數量圖	8
圖 2.9 番茄、菸草聲音聲波圖	9
圖 2.10 番茄、菸草頻譜圖	9
圖 2.11 番茄與菸草之最大能量頻率、平均聲音強度數據	10
圖 2.12 植物體積含水量指數圖	11
圖 2.13 一天中植物聲音次數	11
圖 2.14 四種實驗組及對照組的模擬圖	12
圖 2.15 植物莖中示意圖	13
圖 2.16 以橡樹為例分貝範圍與樹液流數值	14
圖 2.17 以橡樹為例的分貝範圍與水分虧缺	15
圖 3.1 訪查溫室番茄園	16
圖 3.2 麥克風測試	17

第壹章、緒論

1.1 研究動機

台灣的農產品進口量大於出口量，在有限的土地和氣候條件限制農業生產的規模，導致台灣需要依賴進口來滿足國內市場的需求，台灣的出口市場也受到國際競爭和貿易限制的影響，進一步限制農產品出口量的增長，若能有技術可以幫助植物縮短生長時間且讓植物能，就能有最少的投入還取最多的產出，還能減少成本，這對於台灣的農業發展和經濟增長都具有重要意義，也可以減少對進口的依賴，使台灣農業更加自給自足。

植物的探索一直是科學研究的熱點領域，在智慧農業日益俱增，科學家常對植物的顏色、氣味、形狀進行研究，而對於研究植物如何發出聲音的資料寥寥可數，在普遍認知中認為植物是沒有這樣的條件，但近年國外的生物學家發出相關論文推翻大眾的迷思，研究中，植物的視覺、嗅覺、觸覺等感知能力受到廣泛關注。在發現植物會發出人類耳朵聽不出的聲波，這不禁讓我們產生好奇，植物真的會說話嗎？為了了解此情況我們將透過各文獻集結研究，去分析植物會如何運用感知能力，能否傳遞訊息，並會在什麼情況下發生。

1.2 研究目的

雖然我們對植物的感知能力有些了解，但仍有許多未解之謎。進一步的研究將有助於揭示植物感知的機制，讓我們對這片土地有更深的了解，植物構造的奧秘具有重要意義，我們希望能夠匯集所見的資料，幫助相關產業盡一份心力。因此，本研究通過匯集相關文獻，深入探討植物在空氣中傳播聲音的機制和特徵，並尋求揭發植物聲波形成原理的可能性，以了解其與植物生理狀態之間的關係。

讓我們深入了解植物的生長狀況，更容易知道植物與周圍環境的互動方式，改善種植條件，提高植物的生長效率及產量，並能對症下藥去助長植物生長。從維護生態環境的健康，減少不必要的成本及事項。因此植物聲波研究可以幫助我們發現一些疾病、蟲害的早期信號，進行預防和治療，提高農作物的健康。希望透過植物聲波研究，能得知實際問題解決方法。

1. 如何讓農作物產量增加？
2. 植物構造是否具有產生聲音的能力？
3. 植物會因為什麼特殊情況而發出聲音？

第貳章、文獻回顧與探討

2.1 研究植物構造及感官

植物基本構造有根、莖、葉如圖 2.1 多半有花或果實，根是負責支撐莖葉整體結構、吸收水分和養分並運輸到其他部位，也是儲存養分的重要器官；莖主要負責運輸養分、支撐葉、儲存養分；葉是通過光合作用將陽光轉化為化學能，同時進行氣體交換、水分蒸散，是植物生長和生存的關鍵；花和果實則是植物的生殖結構，花通過授粉和受精形成種子，果實則是種子的保護和傳播結構，進行生殖和傳播種子的過程[2]。

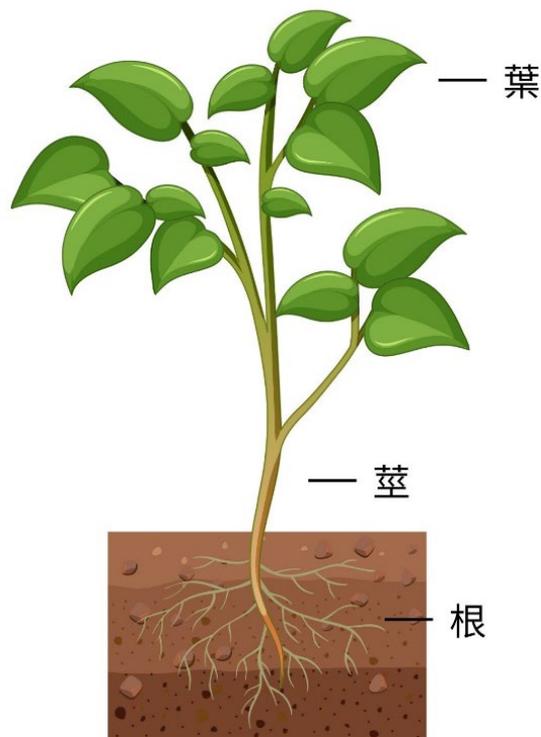


圖 2.1 植物基本構造

除此之外，植物的感知能力是學者持續探索的領域，在某些植物身上就非常明顯，如向日葵的向光性和含羞草的觸覺反應，而現階段我們對植物解的感知能力有對光性、溫度、觸覺這些。舉例來說，植物對光線的感知能力是葉片會吸收陽光進行光合作用，而溫度的感知上會幫助植物調節生長速度和生理代謝，觸覺則是植物對外界刺激的反應，這在含羞草上表現得特別明顯。

雖然植物有感知能力，但我們知道植物不是人類、動物有發聲器官、振動器官，人之所以能發出聲音，是因為有聲帶，迷走神經控制有著兩瓣對稱的膜狀結構。迷走神經(身體自主神經系統)負責把大腦信號傳遞到各器官能夠調整聲帶的張力，說話時從肺部進來的空氣進行相互作用產生振動發出聲音[3]。

2.1.1 文獻相關植物

植物作為地球上最基本的生物之一，影響力及重要性不言而喻，從基本糧食供應到氧氣生產，生態平衡到環境修復，植物在地球上擔任了一位重要的關鍵角色。由此可知，對於植物的研究不僅會對人類和地球有著重要的影響，也是科學界的重要課題。而近年來，有關植物在空氣中傳播聲音的研究引起了廣泛關注，這項研究發現植物在受到壓力或環境變化時會釋放出微弱的聲波，而聲波可以在空氣中傳播，並攜帶著特定的信息。

在植物研究中，選擇合適的研究對象是主要重點，而會選擇這些植物作為研究對象是基於它們各自的特點和優勢。文獻[1]和文獻[4]各自選擇不同的植物作為研究對象，分別是番茄、菸草、橡樹和松樹。

為何選擇番茄和菸草作為研究對象，主要原因是他們都是雙子葉植物，這類植物具有相對簡單的結構，較少含有木質部分，更多地用於儲存水分和支撐葉片實驗方式上會更有效果，且生長週期短易於培養，這些優勢使學者們更容易進行實驗觀察；則橡樹和松樹是屬於單子葉植物，同時是常見的林木種類，這些樹木具有重要的經濟價值和生態功能，如木質生產、生態系統穩定、抗逆性，如表 2.1。

表 2.1 植物構造彙整表

植物	單子葉/雙子葉	優點	構造
番茄	雙子葉	生長週期短易於培養	維管束植物
菸草	雙子葉	生長週期短易於培養	維管束植物
橡樹	單子葉	常見的林木種類	大型木本植物 屬於裸子植物
松樹	單子葉	常見的林木種類	常綠針葉樹

2.2 聲音之標準

生活中，聲音對我們來說很重要，從日常交流到環境中各種聲音都有與我們有著密切關係，而聲音的理解並不是僅限於停留在聽覺上，很多需要融合多方面的標準來描述聲音。在此，探討一些聲音的標準，包刮分貝（dB）、頻率（赫茲，Hz）。

在文獻中常提到頻率及分貝，頻率是一秒內物體振動的次數，通常以 Hz 為單位，人類可以聽到的聲音頻率範圍約為 20Hz 到 20,000Hz，其中 20Hz 是最低頻率（低音），20,000Hz 是最高頻率（高音）；則分貝(dB)是指聲音的強度單位，時常用來描述聲音的音量及強度，通常 0 分貝作為聽覺閾值，正分數表示較高的聲音強度，反之負數分貝為較低的聲音強度，如圖 2.2。



圖 2.2 分貝指數圖[5]

2.3 超聲波麥克風

18 世紀，義大利生物學家拉托·斯帕蘭扎尼在研究蝙蝠為何在黑暗中也能飛行自如，因此注意到使用超聲波的現象[11]。超聲波是種波長極短的機械波，是在物體振動基礎上產生，也就是需要依靠媒介傳遞，如空氣、水無法存在真空中，與普通音波及次聲波的差別在於傳播的波長距離較短、穿透力差，所以在空氣中也容易散射，但相關的反射、折射、衍射等傳播規律本質上沒有太大區別，人聽到的振動頻率範圍在 20Hz~20kHz，超過這個範圍就是超聲波，如圖 2.3，而超聲波比較常出現在醫學、動物及測距上.....等專業領域[12]。

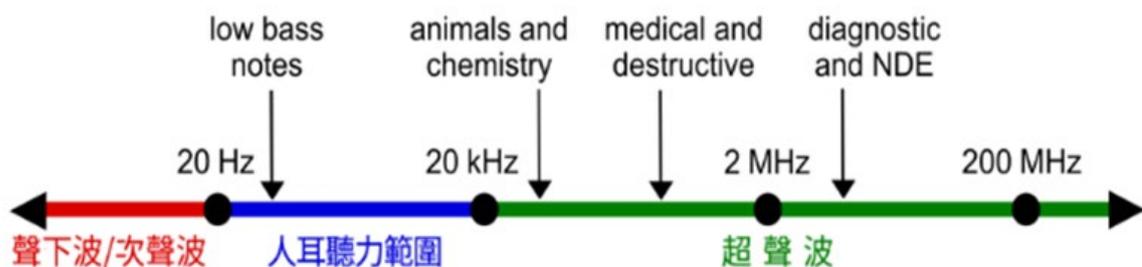


圖 2.3 聲波頻率範圍

2.4 Room EQ Wizard (REW) 聲學測量軟體

REW 是一個免費且功能強大的聲學測量軟體如圖 2.4，可用於頻率響應測量、擴音器測試、尋找共振等功能，方便調整和優化以下為功能和特點[6]：

1. 多功能測量和分析工具：頻率響應測量、擴音器測試、尋找共振
 - a. 頻率響應測量：是一種評估音響系統的工具。透過測量聲音信號，在不同頻率下的顯示聲音的增加或減少。
 - b. 擴音器測試：測試功率輸出、失真水平等，確保在不同的應用中可以正常的運作及音頻的輸出。
 - c. 尋找共振：透過調整共振 (Resonances) 面板中的控制，可以按照頻率、峰值分貝 (SPL) 或 T60 衰減時間對分析結果列表進行排序，以實現篩選過濾雜音 60dB 以下的雜音。
2. 提供用戶報告和圖形輸出等功能
3. 支援音響系統精確調整和優化

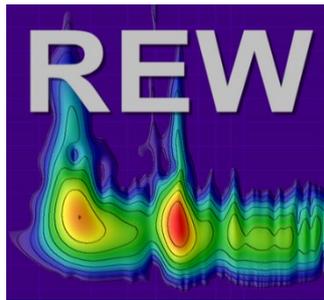


圖 2.4 REW 軟體 logo

2.5 Sound Forge 音頻編輯軟體

Sound Forge 是一個音效編輯軟體如圖 2.5，不需要特殊的音效卡就可以進行音樂創作、聲音編輯及做細部調整的工作。而它的使用者介面設計簡單，讓用戶在操作上更加流暢，有幾個主要特點[7]：

1. 可以對聲音檔做批次轉檔的工作：

如聲音檔的格式中要處理的數量繁多，可以將檔案瞬間轉成所需要的格式，且批次處理的狀態下不限於轉檔作業，還可以將一些聲音特效處理直接應用在多個聲音檔案上。
2. 強大的聲波圖形分析功能：

可以在音源載入的同時看到兩種不同的聲波形式，只超音波麥克風要將所要聽的部份選取起來，就可以立即聽到聲音。
3. 與 Real Player G2 在功能上可以密切的整合

若要將做好的聲音檔放在網路上時，Real Player 格式的聲音檔是最佳的選擇，Sound Forge 有支援 Real Player 的編修功能，也可以將其它格式的聲音檔轉成 Real Player 格式。



圖 2.5 Sound Forge 軟體 logo

2.6 Asus Xonar SE 音效卡

音效卡是用於處理音頻信號，將聲音轉成數位訊號並以文件形式保存，反之可以將數位訊號還原成原始聲音，且具有多種用途如：音樂製作、語音通信[8]。

一般音效卡頻率響應參數落在 20 ~ 20KHz，並不能讓我們在操作軟體上達到需求，而 Asus Xonar SE 是一款專業的音效卡，之所以會選擇這張音效卡的原因是頻率響應參數剛好達到需求，而這張音效卡頻率響應參數能夠偵測到 87KHz 的聲波如表 2.2，且能提供良好的兼容性和易用性，這使我們在使用軟體上有更好的效率，樣貌如圖 2.6。

表 2.2 音效卡規格表

輸出規格	輸出訊噪比：116dB
	輸入訊噪比：110dB
	響應頻率：10Hz to 87KHz



圖 2.6 Asus Xonar SE 音效卡

2.7 先前研究(一)

本節將討論以色列特拉維夫大學的研究團隊，研究植物空氣中傳播的聲音[1]，於是將兩種植物放入聲學盒中進行實驗，分別為番茄和菸草，利用不同的壓力條件監測植物的生長狀況，如缺水、切割部分莖葉。將每個聲學盒連接兩個麥克風記錄植物發出的聲波，如圖 2.7，並進一步地分析成聲波圖、頻譜圖。

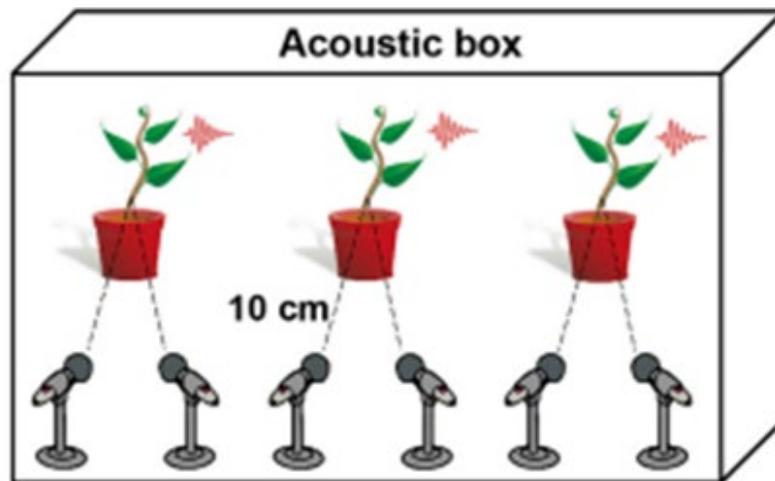


圖 2.7 聲學盒

圖 2.8 在每株植物和處理上使用四種樣本：

X 軸：三種對照組，有土沒有植物(Pot)、多盆(Neighbor-control)、單盆(Self-control)及聲波影響的一種實驗組(Treated)。

Y 軸：聲音數量(植物/60 分鐘)(NumberofSounds)(Plant/60min)。

學者們發現在聲學盒裡，受到缺水和切割壓力的植物都會比對照組的植物發出更多的聲音，缺水時番茄平均聲音數為每小時 35.4 ± 6.1 次、菸草平均聲音數為

每小時 11.0 ± 1.4 ，被切割的番茄每小時發出 25.2 ± 3.2 次、菸草每小時發出 15.2 ± 2.6 次，相比之下，對照組的植物發出的平均聲音數量低於每小時 1 次。

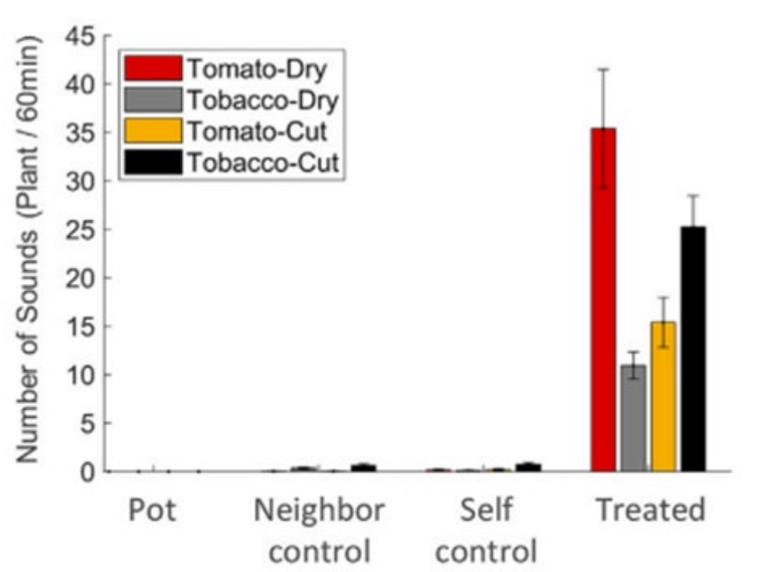


圖 2.8 番茄、菸草平均聲音數量圖

圖 2.9、2.10 顯示番茄、菸草從缺水和切割的聲波、頻譜圖：

圖 3.3 X 軸:時間(毫秒)Time (ms)，Y 軸:振幅(正規化)Amplitude(Normalized)，指數經過正規化處理 y 軸則以 1、0、-1 標示，由圖片分析出番茄振幅數值都比菸草來的高；圖 3.4X 軸:頻率(千赫茲)Frequency (kHz)，Y 軸:功率(分貝/赫茲)Power (dB/Hz)，dB 為 0 時能聽見些許聲音，每增加 10 也就是強度增加 10 倍。反之，而 y 軸則由 -60dB 開始，由此可知發出的聲響需要放大 10 萬倍才能免強讓我們聽到，缺水的菸草分貝數持續不減較長時間比起番茄也較為激烈；被切割的番茄不久就有激烈的反應，菸草則緩慢上升。

由以上的實驗數據可知，番茄、菸草在缺水和切割的實驗下，反應明顯多於對照組，分析後發現番茄在剪取莖葉時會有較大的影響，而菸草則是對水分的流失較於敏感且激烈。

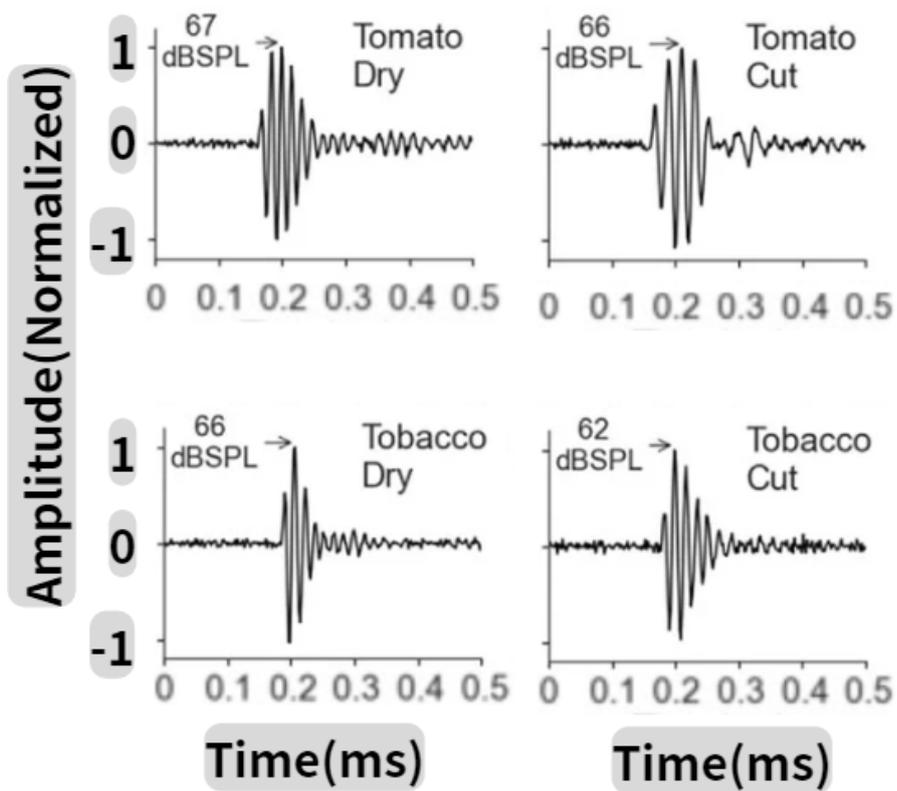


圖 2.9 番茄、菸草聲音聲波圖

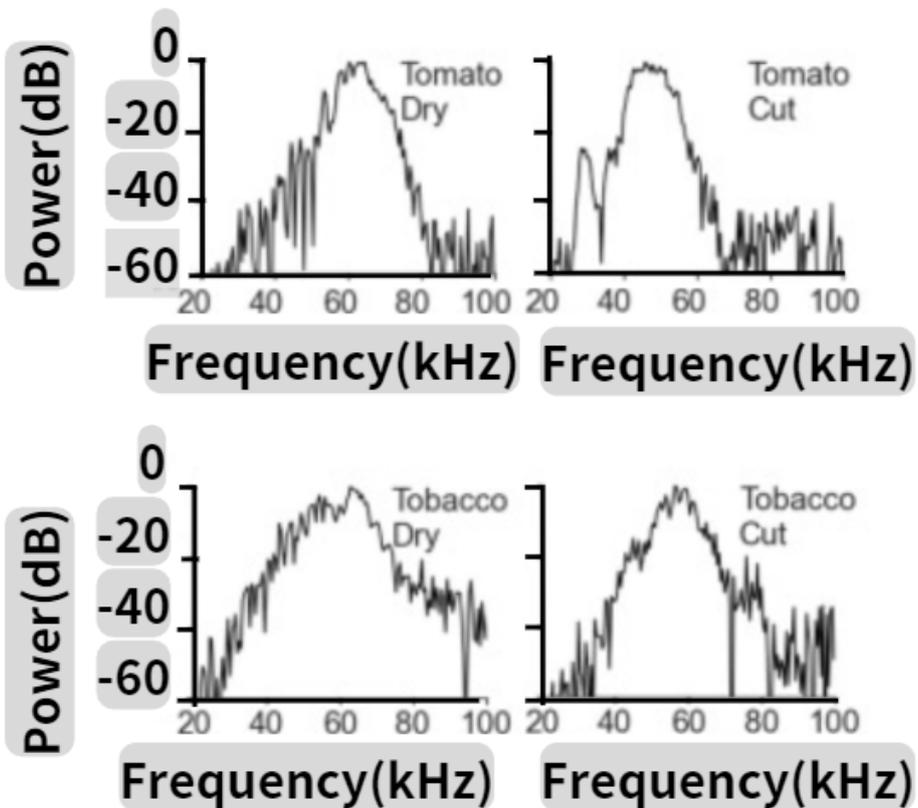


圖 2.10 番茄、菸草頻譜圖

圖 2.11 顯示番茄、菸草在缺水及切割的最大能量頻率(Frequency)和聲音強度(intensity)兩種數值，在圖上最大能量頻率的 y 軸指數單位為 10×10^4 Hz 是指相同實驗下好幾盆中取聲音最高值，統整後由表 3.1 可見，實驗一部分菸草對比番茄產生較高的強度變化及最大能量；實驗二的番茄則比菸草聲音强度高，最大能量上兩者差不多。

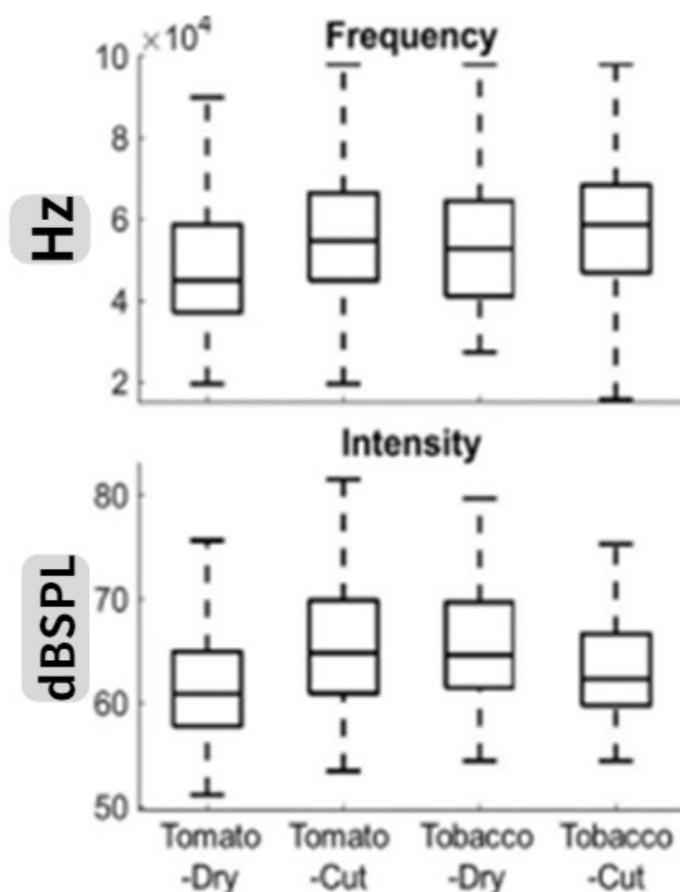


圖 2.11 番茄與菸草之最大能量頻率、平均聲音強度數據

表 2.3 番茄與菸草之最大能量頻率、平均聲音強度數據

	本節實驗一		本節實驗二	
	缺水的番茄	缺水的菸草	被切割的番茄	被切割的菸草
最大能量頻率 (Frequency)	49.6 ± 0.4 kHz	54.8 ± 1.1 kHz	57.3 ± 0.7 kHz	57.8 ± 0.7 kHz
平均聲音強度 (intensity)	61.6 ± 0.1 dB SPL	65.6 ± 0.4 dB SPL	65.6 ± 0.2 dB SPL	63.3 ± 0.2 dB SPL

研究員操作植物的體積含水量(VWC)，連續好幾天停止給番茄澆水並觀察是否發生變化。前3天水分尚未流失，番茄沒有太多的變化，直到第4、5天發生的次數逐漸增加且至高峰，後4天可能因為缺水，所以次數逐漸減少，但依照植物的含水及蒸騰速率狀況會有些許差異，如圖 2.12。

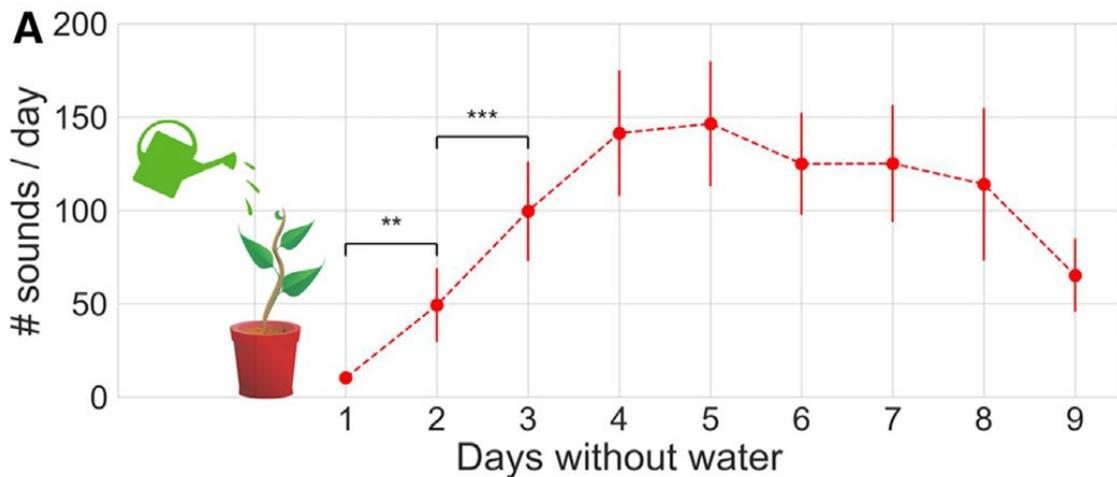


圖 2.12 植物體積含水量指數圖

而圖 2.13，x 軸以 24 小時(Hour)進行記錄，每一個紅色點為同個時間段記錄到的平均值，y 軸為每小時發聲次數，番茄通常在早上 8 點至 12 點，以及傍晚 4 點到 7 點兩個時段會發出聲音，這樣的數據可能與植物氣孔導度的規律有關，氣孔導度指的是光合作用的換氣以及蒸散作用的水份蒸發，這兩個過程都通過植物的氣孔進行。

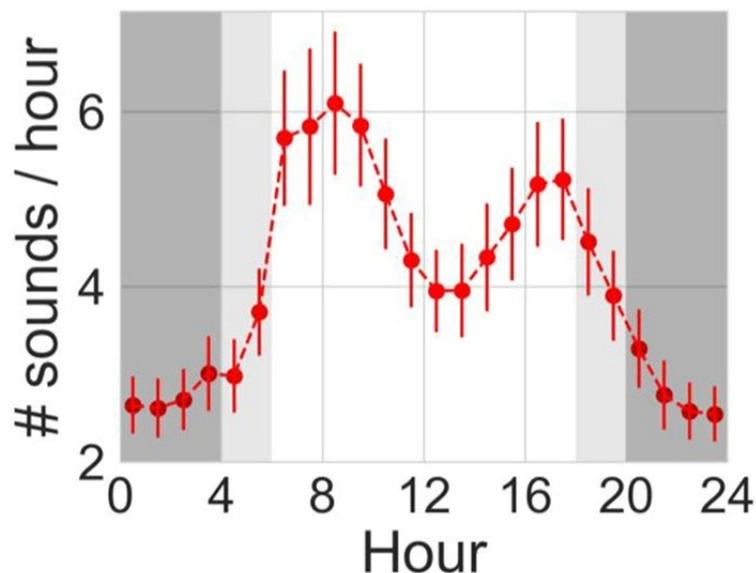


圖 2.13 一天中植物聲音次數

2.8 先前研究(二)

學者 Khait 沿用文獻[1]的實驗方式，使用機器學習模型，對經歷乾旱和切割的番茄及菸草進行辨別，通過空氣傳播聲音提示，有效監測四種脅迫情況如圖 2.14，分別為第一種番茄乾旱與番茄切割、第二種菸草乾旱與菸草切割、第三種番茄乾旱與菸草乾旱，以及第四種番茄切割與菸草切割，不同顏色的聲波代表植物碰到的不同脅迫條件。[9]

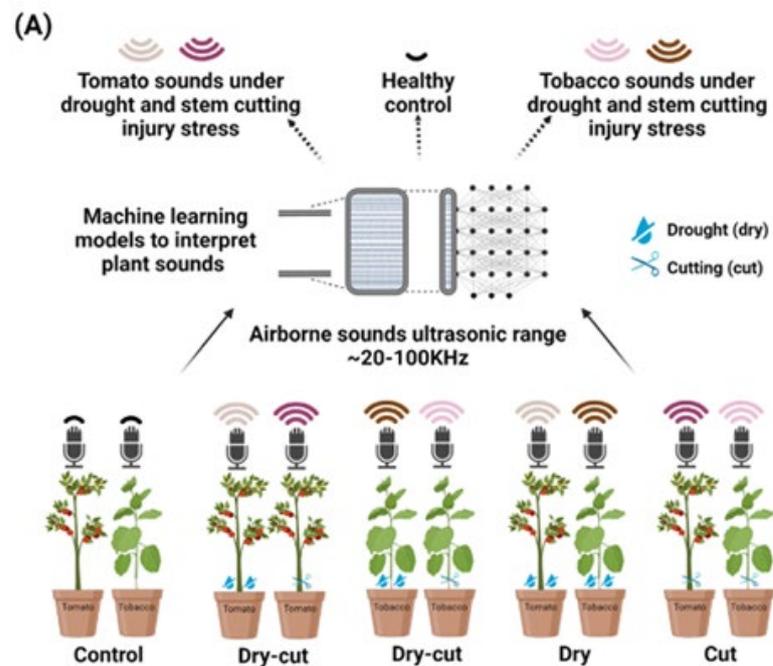


圖 2.14 四種實驗組及對照組的模擬圖

2.9 先前研究(三)

學者 Khait 沿用文獻[1]，發現在植物缺水下，植物的蒸散速率與每小時聲音數量是相關性，聲音最強烈的時段是在中午之前，晚上則相對低，就算脫水讓植物蒸散速率每天都在下降，聲音數量依然穩定。

當空氣泡形成並通過木質部移動時，會引起周圍水的振動。而切割植物和植物缺水下，聲音的發方式會有所不同，切割植物導致的空氣進入速度較快且短暫，而植物缺水則導致空氣泡的形成速度較慢且持續時間較長，圖 2.15 A 部分莖中內層還未出現小氣泡，但植物缺水、切割植物之後內部就會如 B 部分，出現許多小氣泡[10]。

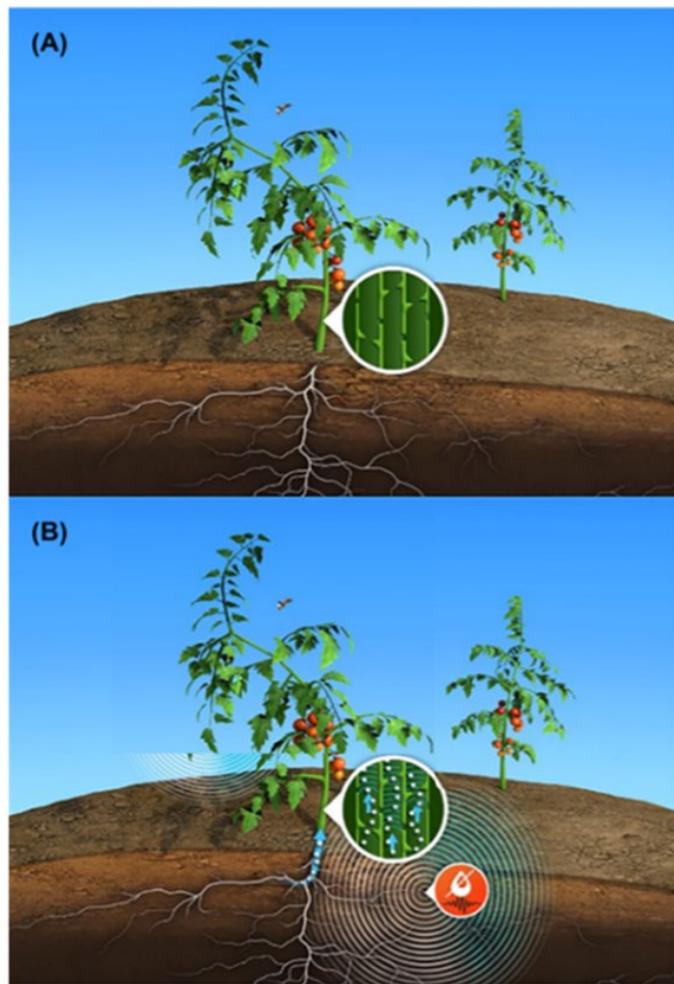


圖 2.15 植物莖中示意圖

本節融合先前研究二及先前研究三併統一加以解析：

儘管 Khait 等人提出空蝕現象是聲音產生的機制之一，但他們注意到空蝕現象和記錄的聲音頻率只有部分重疊，與空蝕現象無關的頻率可能對應於植物組織內水分關係的改變。

莖部的「空蝕現象」可能是解釋植物發出聲音的原因之一，根據內聚力-張力學說，水分子之間的吸引力使它們黏合成了木質部血管內的連續柱狀結構。植物暴露於乾旱，可能導致木質部缺水，而形成氣泡或擴張，使植物需要依靠氣泡的膨脹來支撐莖葉，它們阻礙了水流的持續流動，當氣泡形成並在莖內移動時，它們會引起周圍水的振動而產生聲波，如泡泡紙的破裂聲「啵~啵~啵」，此時根部塌陷，產生空蝕現象造成振動。

2.10 先前研究(四)

文獻究探討樹木的氣泡系統、缺水以及莖部變化之間的關係[4]。學者利用超聲波發射(Ultrasonic acoustic emission (UAE))測量技術，對橡樹和松樹的莖幹進行監測，記錄樹幹半徑的變化。發現在低分貝範圍內這些超聲波排放信號與樹幹直徑

的變化密切相關。而在樹木缺水的狀態下，其生理活動如呼吸和木質部生長，也可能導致產生一些低分貝的超聲波排放信號。

學者 Zweifel 與 Zeugin，了解植物在缺水狀態下可能會發出超聲波訊號(UAE)的現象，並探討這些信號與樹木生理活動之間的關聯性。在白天和夜晚會呈現與 ΔW （莖幹直徑變化）同步呈現出日夜節律性的增減。

圖 2.16 左邊 y 軸黑色實線為分貝數值的走向，右邊 y 軸圓點折線圖為樹液流數值，下方 x 軸為期 2 天以 24 小時計算，液流是指樹木的水分 A 蒸散狀況，橡樹的分貝指數在白天相對激烈且與液流速率的過程為互補。研究分析從低到高分貝範圍過渡的初始條件，並選擇在 20 分鐘內分貝增加超過 5dB 的時間點，比較這些時間點的生理和氣候條件、樹木水分赤字的關係，而他們的研究得出結果：(1)高分貝的信號幾乎出現在整個乾旱強度範圍內(2)當樹木缺水時，就能誘發高分貝信號。超聲波排放被普遍認為是來自氣泡爆破的解釋。通過對超聲波排放訊號的監測和分析，讓我們更深入地知曉植物在不同環境條件下的反應。

圖 2.17 的 y 軸為分貝數；x 軸為莖幹內水分虧缺，範圍從 $0\mu\text{m}$ 水分飽和狀態到 $300\mu\text{m}$ 極度脫水，發現在低分貝的範圍裡，聲音的強度明顯高於測量系統的背景雜訊 23 至 25dB。從介於低分貝到高分貝之間停留時間較短，所以很少有測量點在這兩個極端之間，隨著水分的流失導致分貝數降低。

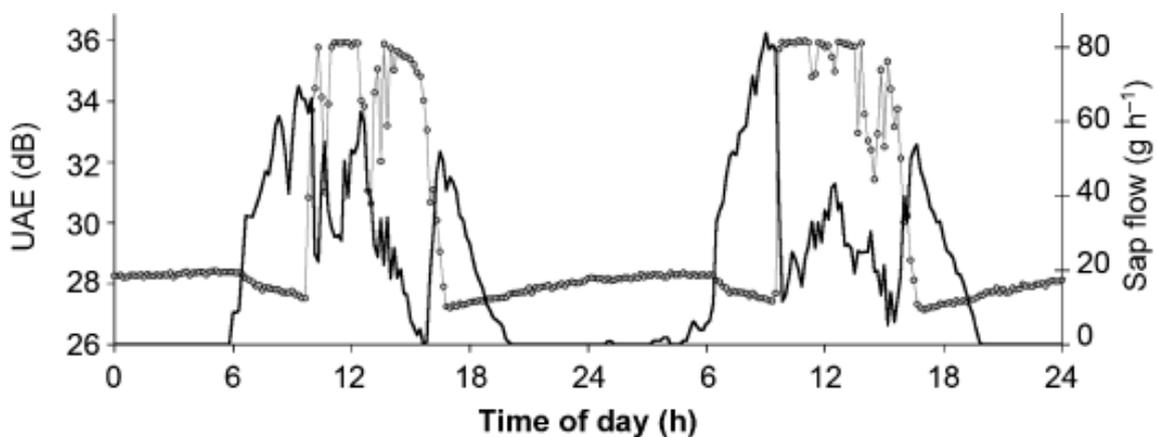


圖 2.16 以橡樹為例分貝範圍與樹液流數值

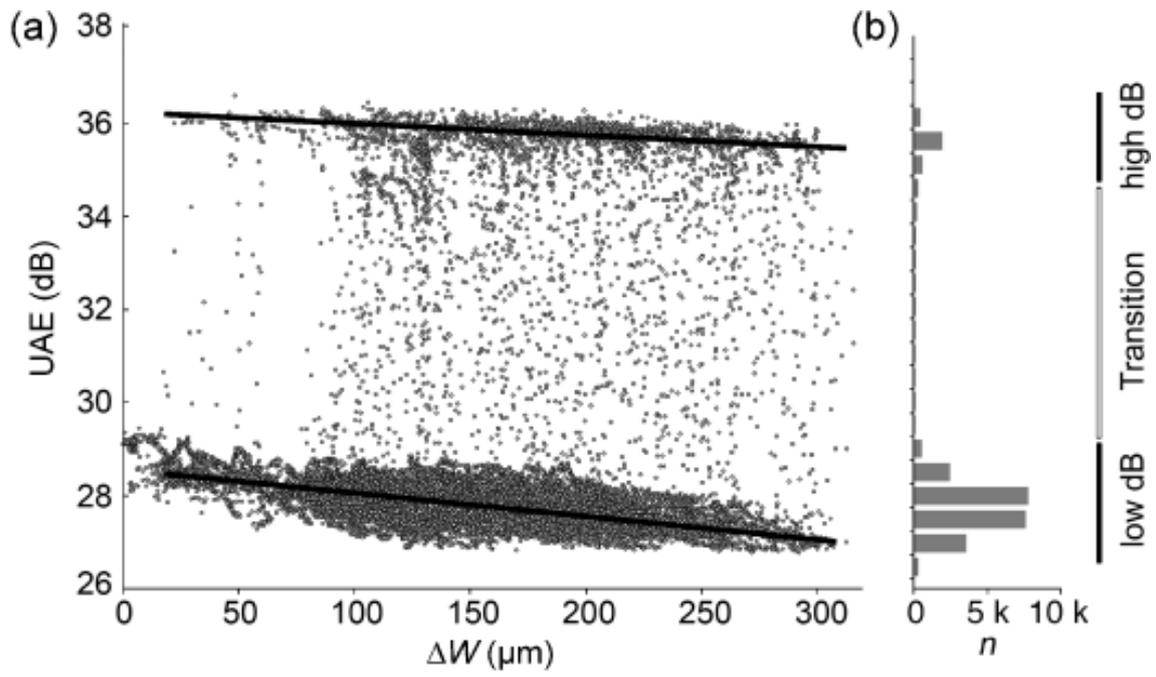


圖 2.17 以橡樹為例的分貝範圍與水分虧缺

第參章、研究方法

3.1 研究流程

利用 REW 聲學測量軟體裡的功能，實時頻譜分析(RTA)進行測驗，並在測試前設置好參數，包括測試位置、測試時間。將植物放進以設計完成的環境中，連接麥克風進行錄製，錄製完成後，使用 REW 提供的分析工具來顯示頻率響應圖及相關數據。

將顯示結果的數據進行比對，依照不同的音檔，來揭示植物在不同環境下的聲波，同時在探索創新的方法，來實現對植物的生長狀況，使農民和農業專業人士能夠更好地了解他們種植的植物狀態。

3.2 實驗操作

我們預計使用超聲波麥克風模組進行錄音，再使用 REW 聲學測量軟體及 Sound forge 音頻編輯軟體來偵測並處理植物的聲波，確定實驗方向後我們將設計實驗所需之相關設備。

我們到玉美生技中和農場尋找適合的植物，並進行麥克風測試如圖 3.1，雖然收集到了一些數據資料，而後因技術相關問題麥克風無法進行監測，未能達到預期的標準，因此我們採取替代方案，將研究重心調整為論文探討，收集相關文獻來證明植物是否會發出聲音。

透過相關文獻，我們得到了以下結論，植物會發出聲音主要是維管束中的木質部吸收不到水分，氣泡因膨脹並破裂的聲音產生的物理振動現象，而不是經過發聲器官產生的聲音。



圖 3.1 訪查溫室番茄園

3.3 實驗過程

我們在玉美生技中和農場進行麥克風測試如圖 3.2，雖然收集到了一些數據資料，但卻未能達到預期的標準，而後因技術相關問題麥克風無法進行監測，我們採取替代方案，將研究重心調整為論文探討，發現這些聲音主要是維管束中的木質部

吸收不到水分，氣泡因膨脹並破裂的聲音產生的物理振動現象，而不是經過發聲器官產生的聲音。



圖 3.2 麥克風測試

第肆章、結論

我們依據國外研究論文的啟發，探討植物所發出的聲波來源，我們了解到植物在缺水或切割時，確實會在空氣中發出一些微弱的聲音，這些聲音主要是由原先具有充足的水分進行缺水實驗，大約在兩天都缺水情況下，維管束中的木質部吸收不到水分，氣泡因膨脹並破裂的聲音產生的物理振動現象，而不是經過發聲器官產生的聲音。

在切割植物和植物缺水兩種實驗中，引發植物發出聲音的數據有明顯差異，切割植物根部會讓空氣進入速度較快且持續時間短暫，因此在數據上數值快速上升但維持時間不長；而植物缺水讓根無法供水到各器官，導致木質部壓力降低和空氣進入速度減慢所以持續時間較長，在數據上是緩慢上升且植物發聲時間久。

因此能驗證，這是在植物結構或生長過程中運輸養分、代謝過程產生的物理現象所產生的振動引起，並不是經過發聲器官所產生，且這些所謂的聲音未經過超聲波的探測及聲波放大器是相當微弱且不規則，植物也沒有控制中樞能夠處理組織語言，產生有意義的溝通。

學者通過聲波放大器去詳細分析出缺水和切割數據，如麥克風和頻譜分析，已經能夠記錄和分析這些聲波的特性，我們可以去理解到植物對這些壓力的反應，進而針對性地改善農作物的栽培管理。

本專案後續希望利用先進的超聲波監測技術和雲端數據分析，建立一個智慧監測系統，以提高番茄種植的生產效率和品質，我們將與當地的玉美生技中和農場合作，共同開展該專題。通過系統監測和數據分析，我們將能夠及時發現植物的生長異常、乾旱和害蟲等問題，並建立預警系統，將預警信息及時傳遞給農民和農場經理，使其可以隨時掌握植物生長狀態並做出應對措施。在與玉美生技中和農場的合作中，我們將通過協調和溝通，確保雙方共同利益和目標的一致性，該專案的成功實施將為農業生產提供新的思路和方法，促進農業現代化和可持續發展，進一步提高農民的生活質量。

參考文獻

- [1] “Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative”
[Online]. Available: [Accessed Fri, 3, 2023]
[https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674\(23\)00262-3?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0092867423002623%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(23)00262-3?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0092867423002623%3Fshowall%3Dtrue)
- [2] 植物組織和器官 擷取於：2023/12/19 <http://www.epa.url.tw/Ecology/BZ22-%E6%A4%8D%E7%89%A9%E7%9A%84%E7%B5%90%E6%A7%8B%E5%92%8C%E5%8A%9F%E8%83%BD.htm>
- [3] 近路不走走遠路，喉返神經的奇幻之旅——《人類這個不良品》
擷取於：2023/12/19
<https://pansci.asia/archives/152298>
- [4] “Blackwell Publishing Ltd Ultrasonic acoustic emissions in drought-stressed trees – more than signals from cavitation?”
[Online]. Available: [Accessed Eighth, 8, 2024]
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18540974/>
- [5] 噪音管制介紹 擷取於：2024/3/11
<https://www.hlepb.gov.tw/cht/index.php?code=list&ids=64>
- [6] REW 聲學測量軟體 擷取於：2023/12/11
https://www.roomeqwizard.com/REW_幫助手冊-中文版.pdf
- [7] Sound Forge 音頻編輯軟體 擷取於：2023/12/11
<https://free.softking.com.tw/16836/Sound%20Forge%20Pro%2011.0.299%20for%20Windows.html>
- [8] 音效卡 擷取於：2023/12/11
<https://www.wikiwand.com/zh-tw/声卡>
- [9] “Plants can talk a new era in plant acoustics”
[Online]. Available: [Accessed Nineteenth, 3, 2024]
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1360138523002054>
- [10] “Plants cry for help through acoustic signals”
[Online]. Available: [Accessed Sixth, 2, 2024]
[https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385\(23\)00172-3](https://www.cell.com/trends/plant-science/abstract/S1360-1385(23)00172-3)
- [11] 科普文章 | 蝙蝠“武功”里的小秘密 擷取於：2023/12/7
http://www.ioa.cas.cn/kxchb/kpzb/kpwz/202112/t20211222_6325391.html
- [12] 超聲波_百度百科 擷取於：2023/12/11
<https://baike.baidu.com/item/%E8%B6%85%E5%A3%B0%E6%B3%A2/603430>

附件、教師綜合輔導紀錄表



嶺東科技大學
LING TUNG UNIVERSITY

學年度第 學期

教師綜合輔導紀錄表

月份

填表日期：113年1月4日

教師姓名		陳志明		所屬系所	資訊管理系	
1	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)	
	實務專題(三)	羅嘉惠	資4A	113年1月4日	共 時 50分	
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 硬體測試			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數： 70	
2	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)	
	實務專題(三)	蔡坤均	資4A	113年1月4日	共 時 50分	
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： - 硬體測試			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數： 70	
3	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)	
	實務專題(三)	林映均	資4A	113年1月4日	共 時 50分	
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 硬體測試			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數： 90	
4	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)	
	實務專題(三)	羅嘉惠	資4A	113年1月19日	共 1 時 10分	
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 更改文獻資料			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數： 70	
5	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)	
	實務專題(三)	蔡坤均	資4A	113年1月19日	共 1 時 10分	
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 更改文獻資料			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數： 70	
輔導學生人次合計		1	輔導時間合計	4時50分	教師簽名	陳志明

備註：

- 一、本表以月為單位。任課教師請於次月 5 日前將本表繳交至系(所)辦彙整，由系(所)辦彙整統計表後擲交教學發展中心。
- 二、本表留存各系評鑑備查，並請受輔導學生於專題複審前至系辦領回影本，放至專題報告書附錄之中。
- 三、學生簽名欄，由受輔導學生簽名。



嶺東科技大學
LING TUNG UNIVERSITY

學年度第 學期

教師綜合輔導紀錄表

填表日期：113年2月1日

教師姓名		陳志明		所屬系所	資訊管理系
1	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)
	實務專題(三)	林映均	資4A	113年1月19日	共1時10分
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 更改文獻資料			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數：90
2	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)
	實務專題(三)	羅嘉惠	資4A	113年2月15日	共1時分
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： - 測試硬體			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數：90
3	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)
	實務專題(三)	葉沛均	資4A	113年2月15日	共1時分
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 測試硬體			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數：90
4	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)
	實務專題(三)	林映均	資4A	113年2月15日	共1時分
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 測試硬體			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數：90
5	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)
	實務專題(三)	羅嘉惠	資4A	113年2月29日	共1時5分
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 調整實驗內容			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數：90
輔導學生人次合計		人	輔導時間合計	5時15分	教師簽名

備註：

- 一、本表以月為單位。任課教師請於次月 5 日前將本表繳交至系(所)辦彙整，由系(所)辦彙整統計表後擲交教學發展中心。
- 二、本表留存各系評鑑備查，並請受輔導學生於專題複審前至系辦領回影本，放至專題報告書附錄之中。
- 三、學生簽名欄，由受輔導學生簽名。

教師姓名		陳志明		所屬系所	資訊管理系	
1	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)	
	實務專題(三)	蔡坤均	資4A	113年2月29日	共 / 時 5分	
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 調整實驗內容			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數：90	
2	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)	
	實務專題(三)	林映均	資4A	113年2月29日	共 / 時 5分	
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 調整實驗內容			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數：90	
3	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)	
	實務專題(三)	羅嘉惠	資4A	113年3月14日	共 / 時 分	
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 文獻資料整合			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數：90	
4	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)	
	實務專題(三)	蔡坤均	資4A	113年3月14日	共 / 時 分	
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 文獻資料整合			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數：90	
5	輔導課程	學生簽名	班級	輔導日期	輔導時間(分)	
	實務專題(三)	林映均	資4A	113年3月14日	共 / 時 分	
輔導項目	■ 專題	個人工作進度回報與任務指派： 文獻資料整合			討論結果： <input type="checkbox"/> 1. 缺席 <input type="checkbox"/> 2. 分數：90	
輔導學生人次合計		3	輔導時間合計	5 時 10 分	教師簽名	陳志明

備註：

- 一、本表以月為單位。任課教師請於次月 5 日前將本表繳交至系(所)辦彙整，由系(所)辦彙整統計表後擲交教學發展中心。
- 二、本表留存各系評鑑備查，並請受輔導學生於專題複審前至系辦領回影本，放至專題報告書附錄之中。
- 三、學生簽名欄，由受輔導學生簽名。