

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

高級中等學校組 植物學科

(鄉土)教材獎

052111

鳳凰木對大花咸豐草的相生相剋研究

學校名稱： 雲林縣私立正心高級中學

作者：	指導老師：
高一 林亞臻	許議鶴
高一 張恩瑜	
高一 郭子豪	

關鍵詞： 凤凰木(*Delonix regia*)、相生相剋

(allelopathy)、大花咸豐草(*Bidens pilosa*)

## 摘要

本研究利用鳳凰木相剋物質，探討其對萬苣與大花咸豐草種子萌發及生長的影響，期望發展天然除草劑。研究動機來自於外來種大花咸豐草入侵嚴重威脅農業生態，本研究採用甲醇萃取、相剋物質粉末及葉片枝條粉末，透過室內培養與田間試驗，評估不同濃度對發芽率、胚軸、胚根及植株生長的影響。結果顯示，鳳凰木萃取液（1 ~5%）顯著抑制兩種植物的萌發，粉末處理則提高植物死亡率。本研究選取鳳凰木主要相剋物質試驗，綠原酸與鞣花酸抑制效果最佳，槲皮素較弱。研究指出，酚酸類為主要抑制因子，具備萌前與萌後的雙重抑制效果，其中萃取液與粉末可抑制萌發，而粉末分解後可能釋放養分促進後期生長，為天然除草劑的開發提供新思路。

## 壹、前言

### 一、研究動機

外來種植物的引進對生態環境無疑是很大的威脅，除了會掠奪原生生物的生長空間外，更嚴重影響了原生物種的繁衍，大花咸豐草就是個很好的例子。在路旁隨處都可以看到大花咸豐草的身影，更不用說在稻田旁，它們更是藉由肥沃的土壤肆意生長，在雲林這個農業大縣中，大花咸豐草驚人的繁衍能力讓許多農人苦不堪言，只能藉由化學農藥來抑制它的生長，但效果有限，也間接影響到其他農作物，因此如何使用大自然的力量來抑制外來種的生長，也就是「生物防治法」就成了人類的一門課題。植物與植物之間的競爭，必然有競爭力較差的一方會減少族群大小，而相剋作用就是其中一個例子，本研究從文獻中發現鳳凰木旁寸草不生（如圖1），因此本研究欲探討鳳凰木對大花咸豐草的相剋作用，望能助除草效果。



圖 1 凤凰木的相生相剋(Perveen et al., 2019)

## 二、研究目的

- (一) 探討鳳凰木葉片及枝條萃取物對萬苣及大花咸豐草種子發芽及生長的影響
- (二) 探討鳳凰木葉子及枝條粉末對萬苣及大花咸豐草植株生長影響
- (三) 探討鳳凰木三種相剋物質對萬苣及大花咸豐草種子發芽及生長的影響
- (四) 探討鳳凰木葉子及枝條粉末對大花咸豐草田間實驗下的生長影響

## 三、文獻回顧

### (一) 植物相剋作用 (allelopathy)

「相剋作用」是指植物釋放化學物質到環境中，影響其他植物的生長、發育和分布的現象。這些化學物質被稱為「相剋化合物」，可以通過根系、葉片、樹皮或分解的植物殘骸釋放到土壤或空氣中。相剋作用亦能影響植物種子的萌發、生長速度、養分吸收和抗病能力。在農業中，相剋作用被利用來抑制雜草。例如，可以種植一些作物來抑制雜草生長，而不需要使用化學除草劑(Chou et al., 1992)。

### (二) 凤凰木葉片相剋物質萃取方式及作用

鳳凰木相剋物質的萃取方法有以下幾種，首先，乙酸乙酯浸泡過後的鳳凰木葉片，在特定濃度中對田間旋花的抑制效果十分顯著，除了可以有效抑制其萌芽、根和莖的生長，結論指出，以適當濃度的鳳凰木葉片提取物可用來控制田間旋花的生長，減少對化學除草劑的依賴(Perveen et al., 2019)。另外也有文獻指出，分別對鳳凰木的花、葉子和嫩枝的毒性強弱進行比較，主要是用水萃取法來進行實驗，溶解水溶性的相剋化合物，使用紙張、薄層和高效液相色譜分析來鑑定提取出的相剋物質，結果顯示花朵的抑制效果最強，葉子次之，枝條則是抑制效果最不明顯(Chou et al., 1992)，但由於鳳凰木的花數量少且開花期短，因此本研究使用葉和莖進行實驗。除了這些方法之外，利用甲醇萃取也可以得到相同的效果。本研究決定使用甲醇作為萃取溶劑，萃取後施加於種子發芽實驗。水萃取過程容易發霉而影響實驗效果，因此本研究將葉片或枝條打成粉末直接施加於植物盆栽後再澆水。

### (三) 凤凰木葉片及枝條之相剋物質

鳳凰木能顯著減少其樹冠下層植物的種類和覆蓋率，主要是因為他的葉子、花朵和枝條中含有的相剋物質(Chou et al., 1992)。本研究在文獻查詢中發現鳳凰木葉片中

含有幾項特殊的化合物，包括黃酮類，例如楊梅素(Myricetin)、類黃酮(Flavonoid)，或者酚酸類，例如咖啡酸或沒食子酸(gallic acid)，以及縮和單寧像是綠原酸(Chlorogenic acid) (Jain et al., 2021)，相關研究也鑑定出鳳凰木中含有沒食子酸(Gallic acid)而鞣花酸(Ellagic acid)為其結構更複雜的延伸物，且已確定其是造成植物相剋作用的主要成分 (呂麗玲，1991)。黃酮類中類黃酮相較楊梅素更容易被討論，因為楊梅素絕大多數是在楊梅中的化學物質，而類黃酮中又屬槲皮素(Quercetin)最廣泛存在植物體中。從網路上查詢資料也發現，黃酮類如槲皮素通常存在植物體中的含量大約介在0.1%-1%之間，而酚酸類像是鞣花酸，文獻中顯示大約為1.5毫克/100克乾重，比例為0.0015% (Sharma et al., 2015)。另外枝條中所含有的相剋物質也屬類黃酮和沒食子酸占多數，也有萜類等化合物存在枝條中能有效抑制其他植物的種子萌發和幼苗生長，進一步影響植物間的競爭和生態平衡(Farooq et al., 2023)。

#### (四) 大花咸豐草對台灣生態影響

大花咸豐草(*Bidens pilosa*)在1984年引進台灣後，原本是希望利用它作為蜜源植物以提高蜂蜜產量。然而，這種植物卻以出乎意料的速度在台灣擴散，迅速取代了許多本地蜜源植物。這種快速擴張的結果顯示它開始影響到台灣原生植物的生存，並對當地的生態系統造成了不良的問題。大花咸豐草原生於美洲、北非和南亞，它適應的生長環境非常廣泛。這種植物喜歡溫暖的氣候，最佳生長溫度在15°C到25°C之間，並且能夠在陽光充足的環境中茁壯。它對土壤的要求不高，能在各種土壤類型中生長，但最喜歡排水良好的土壤。大花咸豐草的生長速度非常快，能夠迅速覆蓋大片土地，搶佔水分、養分和陽光，抑制其他植物的生長。隨著它的擴散，本地的植物逐漸被排擠，生物多樣性也因此受到威脅。原本依賴這些本地植物的昆蟲和其他動物也受到影響，整個生態系統的穩定性和功能性都受到了損害。大花咸豐草的根系還可能改變土壤的結構和健康，進一步影響植物的生長 (薛銘童，2021)。所以本研究希望能藉由鳳凰木中所含的相剋物質製成除草劑，藉由植物體的相剋作用，即生態防治抑制大花咸豐草的生長。

#### (五) 相剋物質常見的實驗對象：萬苣

在多數的實驗中萬苣常常被當作為相剋物質作用模式物種，萬苣對相剋物質非常敏感，所以這使得研究人員能夠更容易去觀察和測量其相剋反應，且萬苣種子容易

發芽，幼苗的生長速度又快，這有助於在短時間內觀察和測量不同相剋物質對植物生長的影響，使實驗能夠快速獲得結果（陳娥等，2016）。

相剋物質（槲皮素、鞣花酸、原花青素）通過植物體釋放到農田土壤中，對作物生長可能造成嚴重影響。酚酸作為一類重要的相剋物質，廣泛存在於大多數植物中，且在不同植物中的數量有所差異。由於酚酸類化合物的相對分子質量較小，結構穩定，因此不易降解並會在土壤中累積，進而影響作物的生長。例如，文獻中提到苯甲酸在  $10 \mu \text{ mol/L}$  及以上濃度對萐蕓的根具有顯著抑制作用，在  $1000 \mu \text{ mol/L}$  時抑制率達到 56.0%。苯甲酸對莖的抑制效果同樣明顯，在  $1000 \mu \text{ mol/L}$  時的抑制效果為 31.21%。對羥基苯甲酸在  $10\sim100 \mu \text{ mol/L}$  時對根和莖的抑制率均約為 30%（薛銘童，2021）。所以本研究希望把這類相剋物質用於對付大花咸豐草等外來入侵物種，因此挑選鳳凰木中的三種相剋物質，分別為**鞣花酸、綠原酸及槲皮素**，進行實驗。

#### (六) 葉綠素含量與植物生長的關係

葉綠素是植物進行光合作用的主要色素，也是光合作用的關鍵指標，它能吸收光能並轉化為化學能。葉綠素的含量越高，植物的光合作用效率越高，能夠合成更多的有機物質（如葡萄糖），為植物提供能量和生長所需的養分，促進生長(Chappelle et al., 1992)。由此可以得知葉綠素含量和植物的生長有高度正相關。在文獻中發現，使用SPAD(Soil-Plant Analyses Development unit) 儀器測量葉綠素時，常會受到葉片厚度、角度、光線和環境條件的影響，為確保實驗數據的準確性，研究建議在穩定的光照條件下使用SPAD (Monje et al., 1992)。透過SPAD-502的校準，可以準確估算葉綠素濃度，雖與葉片實際葉綠素濃度呈現非線性關係，但其相關係數 ( $r^2$ ) 高達 0.94，證明該儀器可作為估測葉綠素的有效工具(Markwell et al., 1995)

#### (七) 植物葉片含氮量與植物生長的關係

文獻指出，在不同氮供應條件下，當葉片達到其最大光合速率時，葉片的總光合速率與開花期的葉片氮含量之間存在密切關係。研究發現，葉片氮含量在開花期對光合作用有顯著影響(Yang et al., 2015)。具體來說，較高的葉片氮含量通常會導致較高的光合速率，這是因為氮是葉綠素和光合作用酶的主要成分。而我們所使用的氮含量測量儀器N-Pen可以在不破壞植物體的情況下取得數據，而文獻中也指出，氮缺乏會顯著影響植物的光合作用和生長，可以藉由氮含量的高低來判斷植物生長狀況(Fageri

a & Baligar, 2005)。根據波長 565 nm 和 760 nm 的葉片反射光譜值來計算得出NDGI (如表1)。

表1 NDGI計算公式及預測圖

NDGI計算公式	$NDGI = (R760 - R565) / (R760 + R565)$																		
NDGI值預測含氮量統計圖	<table border="1"> <caption>Data points estimated from the graph</caption> <thead> <tr> <th>NDGI</th> <th>Nitrogen nutrition (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.25</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>10</td></tr> <tr><td>0.4</td><td>40</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>65</td></tr> <tr><td>0.6</td><td>90</td></tr> <tr><td>0.65</td><td>100</td></tr> <tr><td>0.8</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	NDGI	Nitrogen nutrition (%)	0.1	0	0.25	0	0.3	10	0.4	40	0.5	65	0.6	90	0.65	100	0.8	100
NDGI	Nitrogen nutrition (%)																		
0.1	0																		
0.25	0																		
0.3	10																		
0.4	40																		
0.5	65																		
0.6	90																		
0.65	100																		
0.8	100																		
(取自Photon Systems Instruments-PlantPen Instruction Guide / N-Pen N 110)																			

## 貳、研究設備及器材

### 一、研究材料

鳳凰木葉子及枝條（公園）、大花咸豐草種子（校園草地）、萐蕡種子（新裕興農業有限公司）

### 二、實驗藥劑

鞣花酸 (Ellagic acid) (Combi-Blocks/QH-6897)、

綠原酸 (Chlorogenic acid) (Combi-Blocks/JK-4205)、

槲皮素 (Quercetin) (Combi-Blocks/ QE-8326)、

甲醇(Methanol)

### 三、實驗器材

排氣櫃（三雄）、真空減壓濃縮機（泛群科技）、果汁機 (Panasonic/MX-XPT102)、

微量秤 (ZOGGI/ZG-TP101)、葉綠素測量儀器(SPAD-502Plus/KONICA MINOLTA)、含氮量測量儀器 (N-Pen/N100)、試劑瓶

### 四、應用軟體

google文件、google試算表、excel、SPSS統計軟體、image J

## 參、研究過程或方法

### 一、研究架構圖

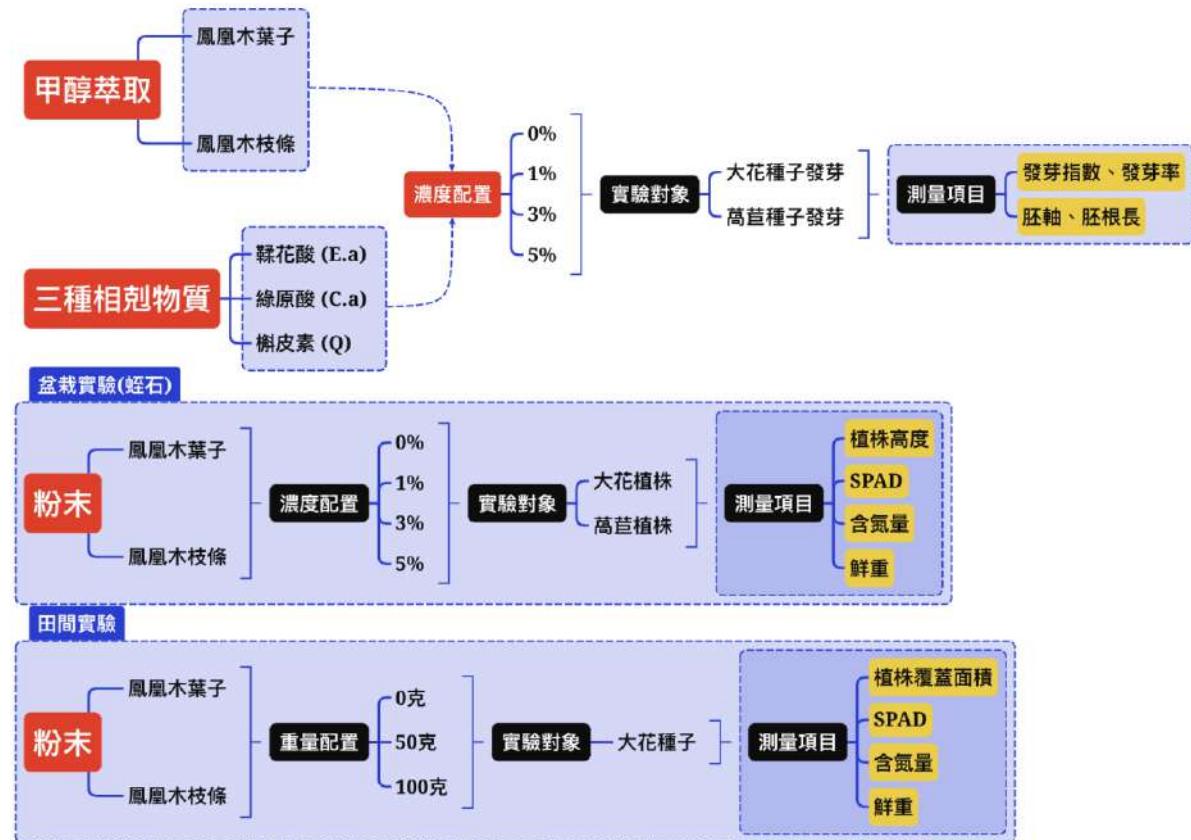


圖2 研究架構圖(研究者繪圖)

### 二、研究過程之實驗步驟

#### (一) 探討鳳凰木葉片及枝條萃取物對萬苣及大花咸豐草種子發芽及生長的影響

##### 1. 收集鳳凰木葉片及枝條

- (1) 尋找適合摘取的鳳凰木，使用剪刀將鳳凰木枝條及葉片剪斷放入桶中。
- (2) 摘取後鋪於空教室陰乾一週（如圖3-1），每隔3天將葉片翻面1~2次。
- (3) 7天後將葉片和枝條搜集起來。

##### 2. 甲醇萃取法

- (1) 在試劑瓶中分別加入100公克乾重的鳳凰木葉子，再加入900ml甲醇。
- (2) 倒入甲醇至覆蓋過葉子的高度，再搖晃使其均勻，重量百分濃度以葉子：甲醇1：10（如圖3-2）。
- (3) 靜置一周後加入真空減壓濃縮機萃取，枝條的萃取法亦同（如圖3-3）。

		
圖3-1 凤凰木葉陰乾 (研究者拍攝)	圖3-2 凤凰葉以甲醇萃取 (研究者拍攝)	圖3-3、真空減壓濃縮機萃取 (研究者拍攝)

### 3. 真空減壓濃縮機萃取步驟

- (1) 倒出浸泡葉子的萃取液，一次取200mL放入三角錐形瓶中。
- (2) 打開開關進行真空壓縮，瓶內有氣泡時要按按鈕進行減壓，避免萃取液噴濺而出，以上步驟重複三次。

### 4. 葉片及枝條萃取物濃度配置

- (1) 分別將葉片及枝條萃取液配置成10%重量百分濃度的水溶液。
- (2) 取出10克的10%水溶液加入10克水稀釋成5%水溶液；10克的10%水溶液加入23.3克水稀釋成3%水溶液；5克的10%水溶液加入45克水稀釋成1%水溶液。

### 5. 進行萃取液施加種子實驗

- (1) 將餐巾紙放入培養皿中，把大花咸豐草及萬苣的種子均勻分布在上面（每個培養皿10顆，每種操作變因使用三個培養皿，三重複）（如圖4-1）。
- (2) 使用針筒把3mL各濃度水溶液均勻灑在培養皿中。
- (3) 密封培養皿後置於室溫之下，萬苣種子進行5天實驗，大花咸豐草種子進行9天，將種子取出並擺放桌面（如圖4-2）。
- (4) 測量種子發芽率、發芽指數（如圖4-3）、胚軸/胚根長（如圖4-4）。



圖4-1、培養皿與種子培養(研究者拍攝)

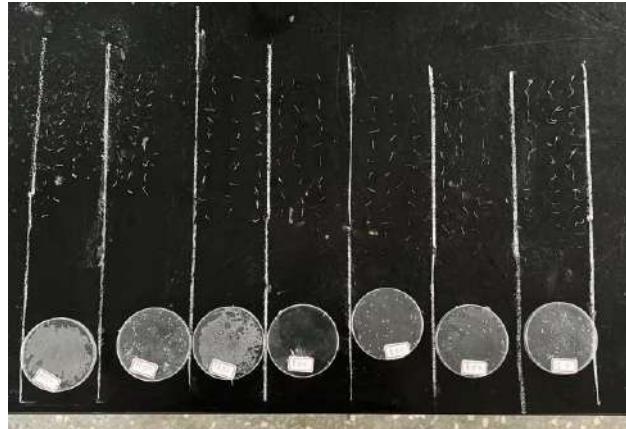


圖4-2、發芽種子(研究者拍攝)

- 計算發芽指數 (Germination Index, GI) 、平均發芽時間和開始發芽的時間，方法根據Ranal和Santana (2006) 的描述。
- 發芽指數 (GI) 公式為：

$$GI = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_k t_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} GI = \frac{t_1 n_1 + t_2 n_2 + \dots + t_k n_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

- 其中，n是每天發芽的種子數量，t是播種後的天數。

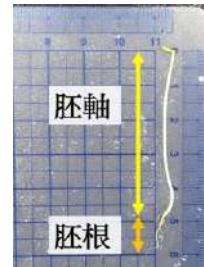


圖4-3、發芽指數公式 (Ranal, 2006)

圖4-4 測量種子發芽的胚軸及胚根(研究者拍攝)

## (二) 探討鳳凰木葉子及枝條粉末對萬苣及大花咸豐草植株生長影響

### 1. 種植實驗植物

(1) 將萬苣及大花咸豐草種植於蛭石穴盤中，底部每日泡水10分鐘

(2) 種植一周後移植至以下之調配土壤

### 2. 凤凰木葉與葉片及枝條粉末調配

(1) 分別取217.8、213.4、209克的蛭石和2.2克、6.6克、11克的葉片粉末（枝條粉末亦同）混和成1%、3%、5%調配土壤

### 3. 植株移植

(1) 將種植一周後的萬苣及大花咸豐草移植至調配土壤之穴盤中，一組10株，共三組，進行三重複實驗。

(2) 穴盤每日泡水10分鐘，每周紀錄植株高度，待八周後紀錄植物鮮重。

4. 測量植株葉綠素含量及含氮量。

(1) 葉綠體含量

- a. 選擇葉片：選擇同一株植物中的相同部位的葉片，以保證測量結果的可比性。
- b. 將葉片置入SPAD儀器：將葉片夾在SPAD儀器的感應區域，確保葉片平整，沒有遮擋，且在不會破壞葉片完整性的情況下測量。
- c. 儀器測量：SPAD儀器會發射兩種不同波長的光（紅光和紅外光），並檢測植物葉片對光的吸收。葉綠素能夠吸收紅光，而較少吸收紅外光，所檢測出的葉綠素含量會顯示在儀器上，我們再進行數據的蒐集。
- d. 每一個實驗組各測量十組數據。

(2) 含氮量：

- a. 選擇葉片：使用測量完葉綠素的葉片，再進行此測量。
- b. 將葉片置入N-Pen儀器：將葉片夾在儀器中，確保葉子置於測量孔的中心避免誤差，且在不會破壞葉片完整性的情況進行測量。
- c. 儀器測量：在測量前先將機器歸零，並將測量模式調整到wheat（小麥），再選擇plant，就可開始進行測量，以十片葉子為一組，最後會計算出每依實驗組的平均含氮量。
- d. 每一個實驗組各測量十組數據。

(三) 探討鳳凰木三種相剋物質對萬苣及大花咸豐草種子發芽及生長的影響

1. 將槲皮素、綠原酸及鞣花酸調配成1%、3%、5%重量百分濃度的水溶液。
2. 將大花咸豐草及萬苣種子播種在墊了餐巾紙的培養皿中（每個培養皿10顆種子，每個變因進行三重複實驗）。
3. 將3種相剋物質的3種濃度分別施加3c.c.於培養皿內種子上。
4. 萬苣種子進行5天實驗、大花咸豐草種子進行9天實驗。
5. 測量發芽指數、發芽率、胚軸及胚根長度。
6. 找尋到各相剋物質對種子發芽影響最大的濃度後，進行不同相剋物質的不同濃度進行交叉比對，施加於萬苣種子發芽。

7. 將抑制萬苣效果較佳的交叉濃度施加於大花咸豐草種子，試驗其效果。

#### (四) 探討鳳凰木葉子及枝條粉末對大花咸豐草田間實驗下的生長影響

##### 1. 凤凰木葉與枝條粉末調配

(1) 準備鳳凰木乾燥葉片與枝條，分別將其打碎成粉末。

(2) 分別分裝成50克與100克，作為不同處理組。

##### 2. 田間實驗實驗方法

(1) 在野外選定一片未使用農藥的田地，移除雜草以確保實驗條件的穩定性，將田地劃分成15塊，每塊面積為1平方公尺。

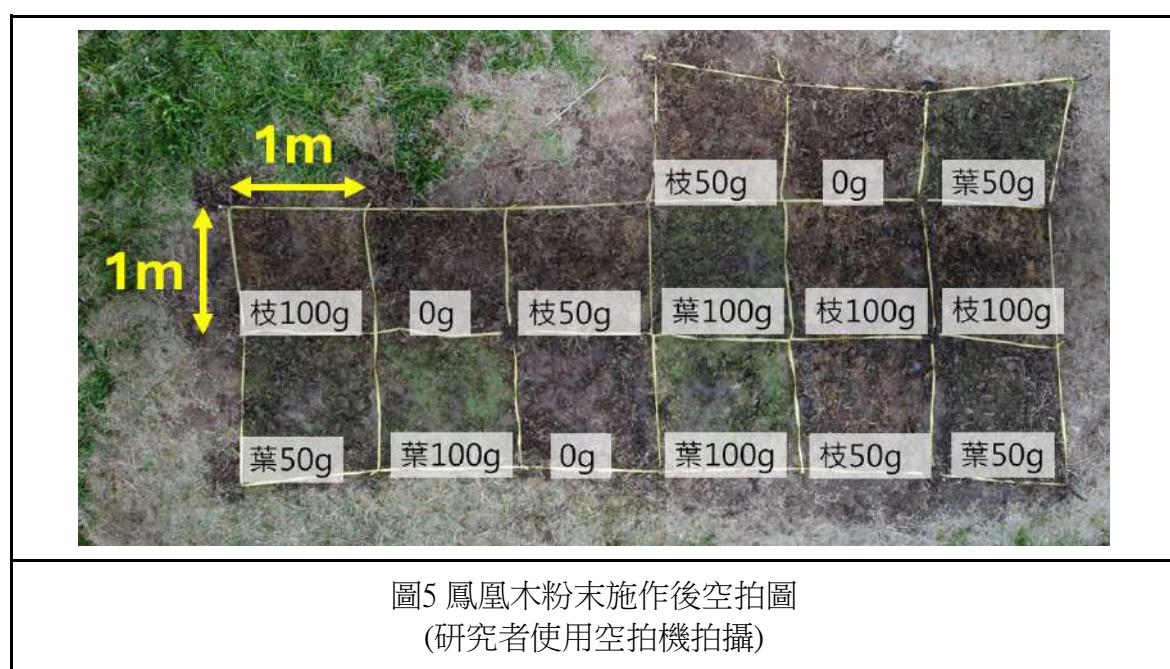
(2) 使用隨機的方式決定每個田塊的處理組，3塊為50克葉片粉末，3塊為100克葉片粉末，3塊為50克枝條粉末，3塊為100克枝條粉末，3塊為對照組，並做好標記（如圖5）。

(3) 在每塊田塊上均勻撒下 300 顆大花咸豐草種子。

(4) 實驗組將粉末均勻鋪灑於每塊樣本田地，對照組則不鋪灑粉末。

(5) 每三天澆水一次，15天後補施加粉末一次，共施作一個月。

(6) 測量植株覆蓋面積、葉片葉綠體含量SPAD、葉片含氮量及鮮重。



## (五) 數據蒐集及統計

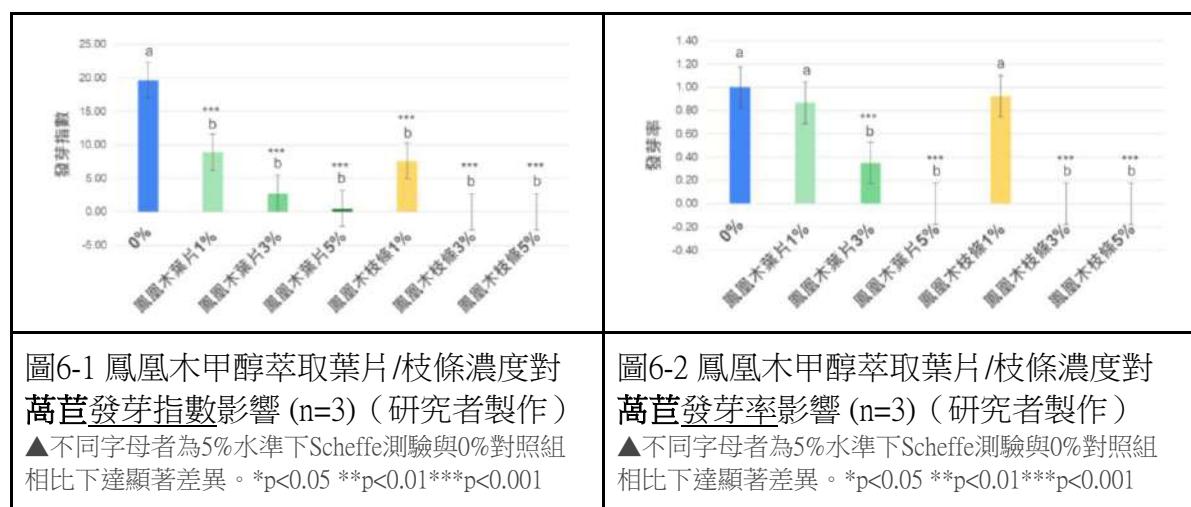
1. 使用google sheet蒐集數據
2. 使用excel製作統計圖表
3. 使用SPSS軟體進行單因子變異數分析 (ANOVA)。

## 肆、研究結果

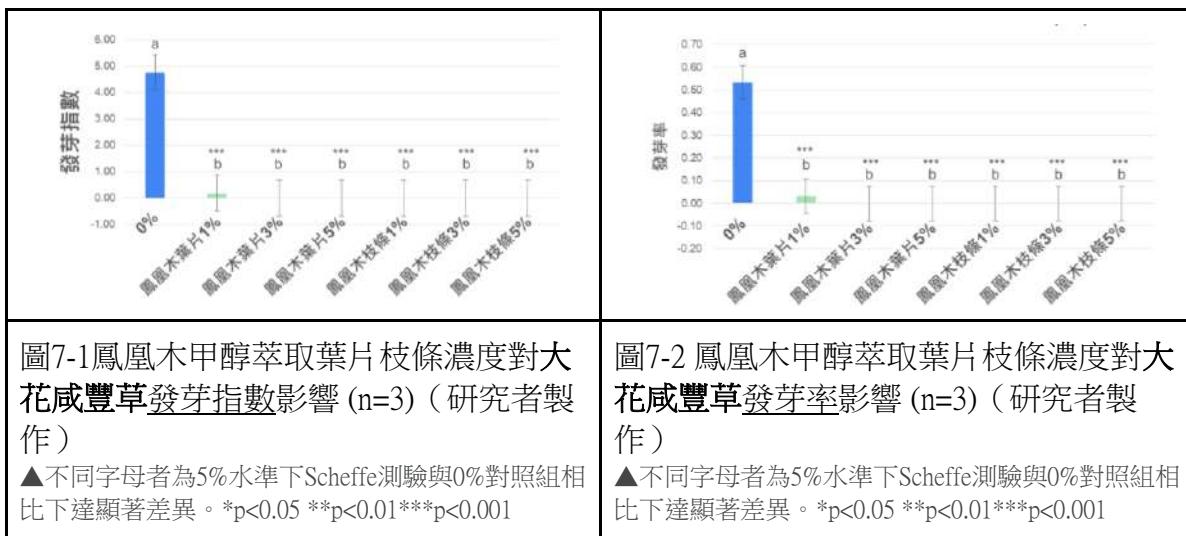
### 一、探討鳳凰木葉片及枝條萃取物對萬苣及大花咸豐草種子發芽及生長的影響

#### (一) 甲醇萃取物對發芽影響

鳳凰木葉片萃取液3%、5%、枝條萃液3%、5%對萬苣種子發芽指數及發芽率均顯著低於對照組0%（發芽指數 $19.63 \pm 2.95$ 、發芽率100%）（如圖6-1、6-2），表示葉片與枝條萃取液3%-5%對種子發芽有顯著抑制效果。葉片萃取液1%（發芽指數 $8.90 \pm 1.78$ 、發芽率 $86.67\% \pm 15.27\%$ ）及枝條萃取液1%（發芽指數 $7.62 \pm 0.24$ 、發芽率 $92.50\% \pm 6.61\%$ ）僅在萬苣發芽指數上顯著低於對照組，而發芽率並無，發芽指數受發芽過程速率及環境因子影響，表示發芽狀況延後，但最終發芽率則不受影響，最後本研究發現對萬苣種子發芽抑制效果較強者為枝條3%、枝條5%及葉片5%。

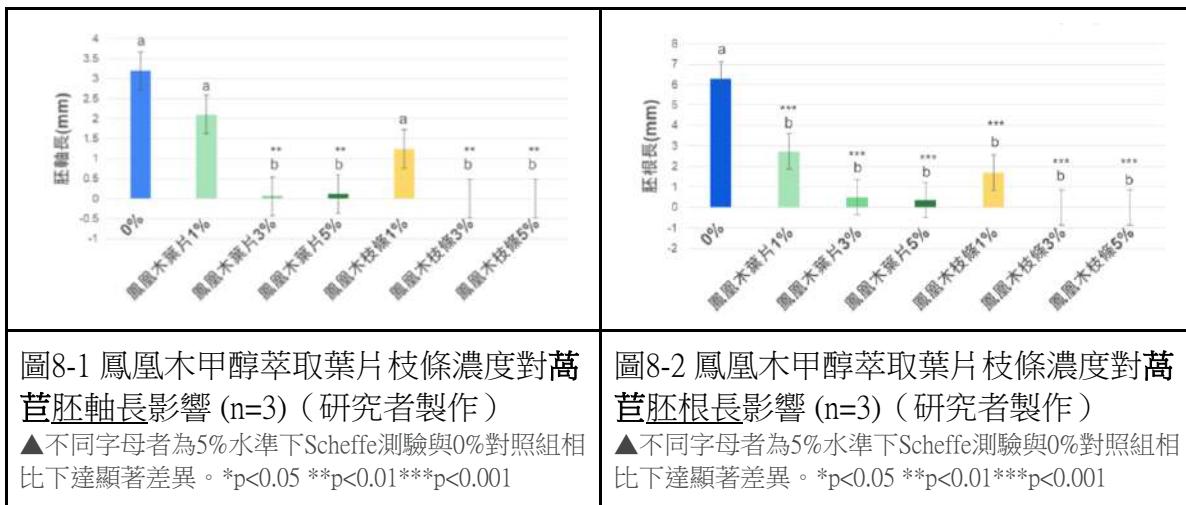


鳳凰木葉片萃取液1%、3%、5%及枝條萃取1%、3%、5%對萬苣發芽率及發芽指數皆顯著低於對照組0%（發芽指數 $4.76 \pm 1.83$ 、發芽率 $53.33\% \pm 15\%$ ）（如圖7-1、7-2），表示實驗中葉片與枝條萃取液1-5%對大花咸豐草種子發芽有顯著的抑制效果。其中僅有葉片萃取1%（發芽指數 $0.18 \pm 0.32$ 、發芽率 $3.33\% \pm 5.77\%$ ）有少數樣本發芽。

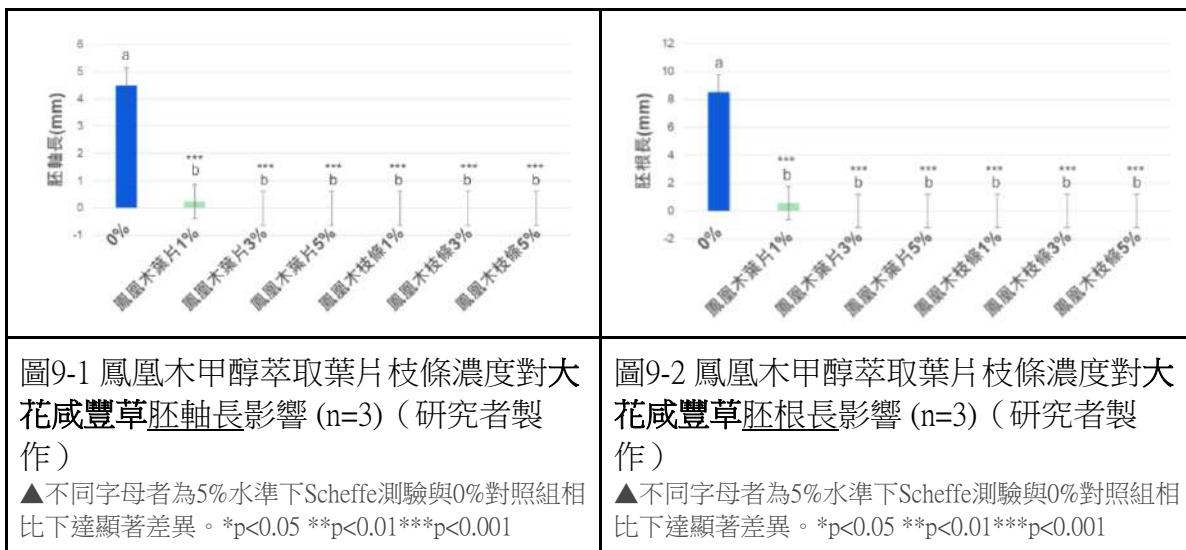


## (二) 甲醇萃取物對胚軸及胚根生長影響

鳳凰木葉片萃取液3%、5%、枝條萃液3%、5%對萬苣胚根及胚軸長均顯著低於對照組0%（胚軸長 $6.26 \pm 1.5$ mm、胚根長 $3.19 \pm 0.86$ mm）（如圖8-1、8-2），表示葉片與枝條萃取液3%-5%對萬苣種子胚軸及胚根生長有顯著抑制效果。葉片萃取1%（胚軸長 $2.10 \pm 0.73$ mm、胚根長 $2.74 \pm 0.41$ mm）及枝條萃取1%（胚軸長 $1.24 \pm 1.04$ mm、胚根長 $1.70 \pm 0.08$ mm）僅胚根長度顯著低於對照組（圖8-2），表示其亦有抑制胚根生長效果。



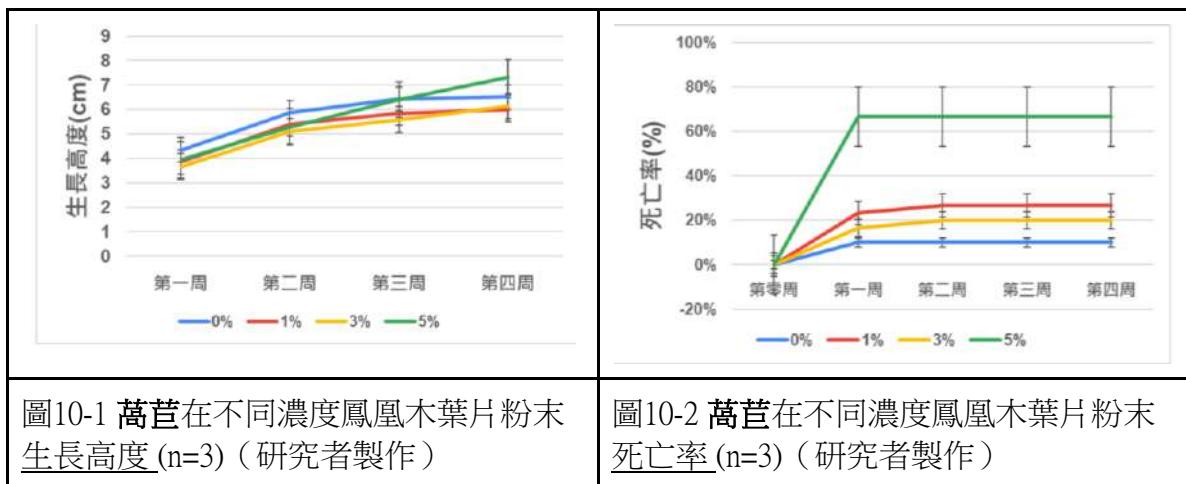
鳳凰木葉片萃取液1%、3%、5%、枝條萃液1%、3%、5%對大花咸豐草胚根及胚軸長均顯著低於對照組0%（胚軸長 $4.50 \pm 0.80$ mm、胚根長 $8.54 \pm 0.85$ mm）（如圖9-1、9-2），表示葉片與枝條萃取液1%-5%對大花咸豐草種子胚軸及胚根生長有顯著抑制效果。



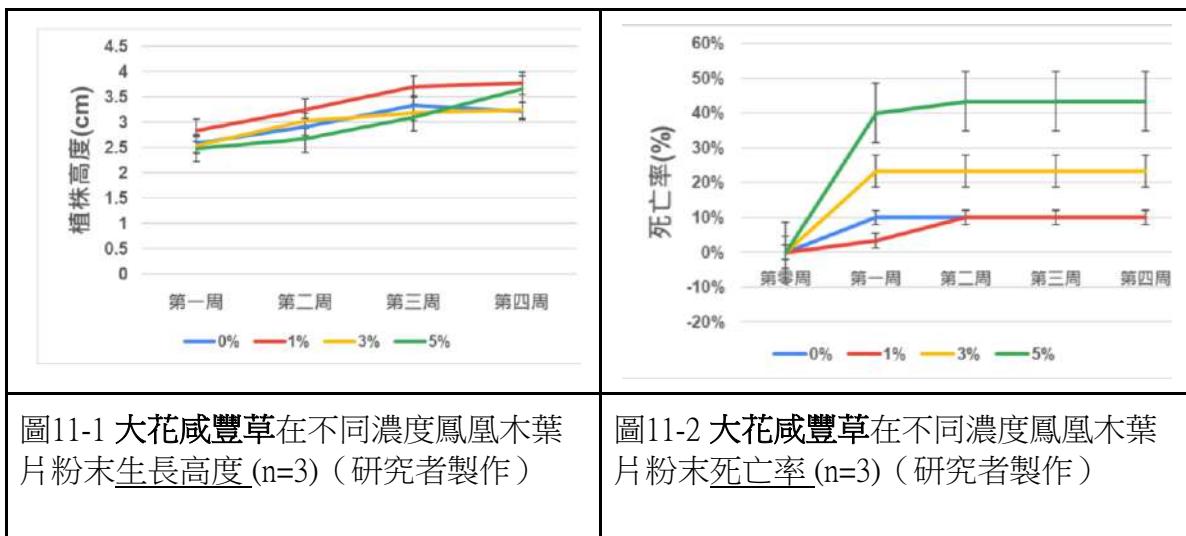
## 二、探討鳳凰木葉子及枝條粉末對萬苣及大花咸豐草植株生長影響

### (一) 粉末對植物高度、死亡率影響

萬苣在鳳凰木葉片0%、1%、3%及5%粉末下的生長高度無明顯差異，但葉片5%粉末對萬苣死亡率較高，表示高濃度的鳳凰木葉片粉末易導致萬苣植物死亡，但未死亡者植物高度相似（如圖10-1、10-2）。

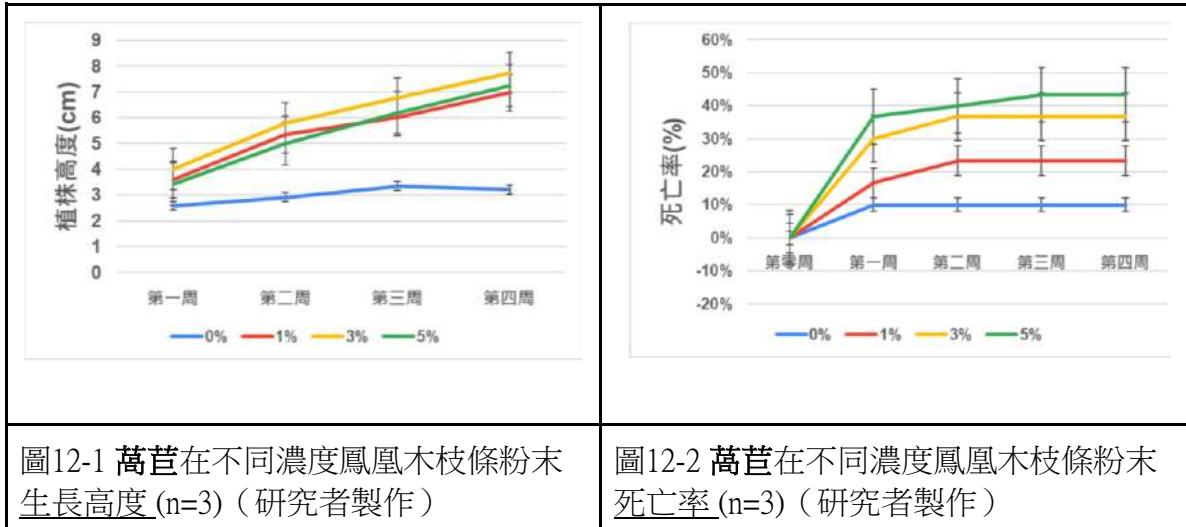


大花咸豐草在鳳凰木葉片粉末0%、1%、3%和5%作用下生長高度無明顯差異，但3%、5%死亡率較0%、1%來得高。此外，0%、1%在死亡率上較無明顯差異，其餘死亡率5%大於3%，表示高濃度的鳳凰木葉片粉末會導致大花咸豐草植物較容易死亡，但未死亡者植物高度相似（如圖11-1、11-2）。



鳳凰木枝條0%、1%、3%及5%粉末濃度對萍蓬植株生長高度無明顯差異，表示枝條粉末未對萍蓬植株高度造成影響，而死亡率 $5\% > 3\% > 1\% > 0\%$ ，表示枝條粉末濃度

越高，萬苣死亡率越高，愈高濃度的鳳凰木葉片粉末易導致萬苣植株死亡，但未死亡者植物高度相似（如圖12-1、12-2）。



鳳凰木枝條粉末0%、1%、3%與5%對大花咸豐草生長高度較無明顯差異，表示枝條粉末對大花咸豐草植株高度影響有限，而5%其死亡率較其他三組高約20%，表示高濃度的鳳凰木枝條粉末會導致植物較容易死亡，但未死亡者植物高度相似（如圖13-1、13-2）。

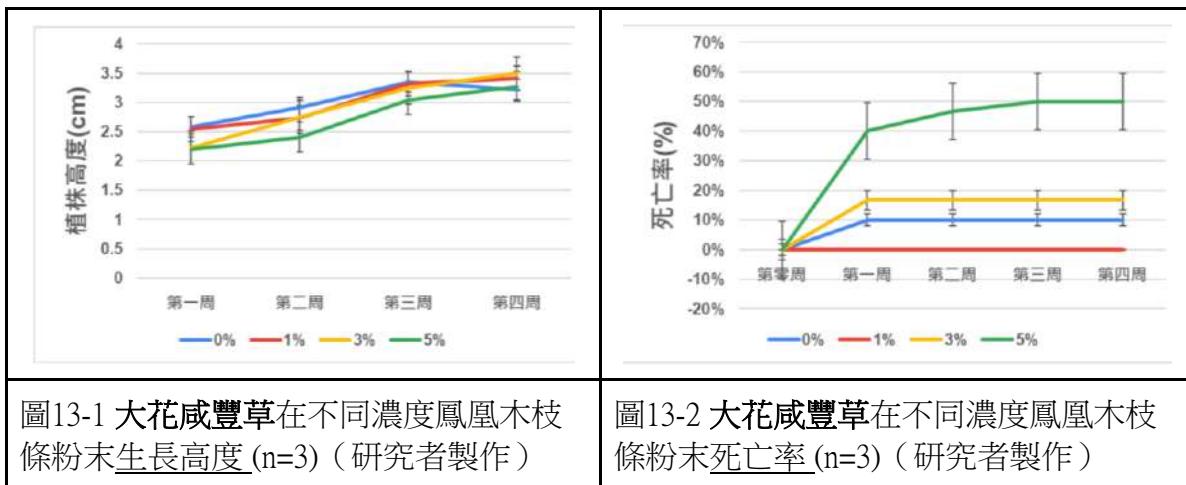
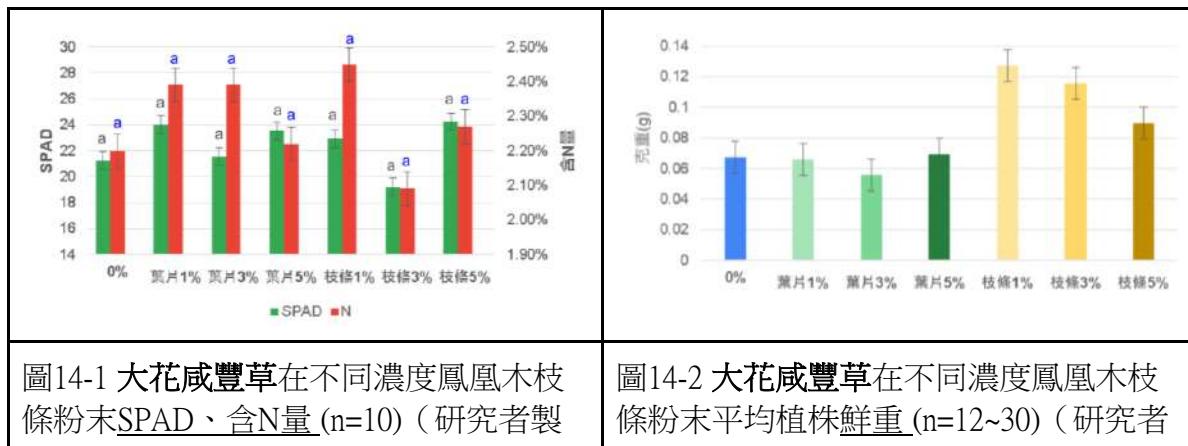


表3 萬苣及大花咸豐草在不同濃度鳳凰木枝條粉末施加下的生長示意圖  
(研究者拍攝)

2025/1/5 (第四周) 0%枝條粉末 (研究者拍攝)	2025/1/5 (第四周) 1%枝條粉末 (研究者拍攝)
2025/1/5 (第四周) 3%枝條粉末 (研究者拍攝)	2025/1/5 (第四周) 5%枝條粉末 (研究者拍攝)

## (二)粉末對大花咸豐草已生長植株的葉綠素含量、含氮量及鮮重影響【土壤：蛭石】

鳳凰木葉片及枝條粉末0%、1%、3%與5%對大花咸豐草SPAD、含N量均無明顯差異 ( $p>0.05$ )，表示添加1-5%鳳凰木葉片或枝條粉末對葉綠素含量、含氮量影響不大，但枝條粉末在1%、3%及5%的植株鮮重高於對照組0%，其中枝條1%的鮮重最為顯著（如圖14-1、14-2）。



作) ▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。*p<0.05 **p<0.01***p<0.001	製作) ▲n=30-死亡的樣本數
--	---------------------

### 三、探討鳳凰木三種相剋物質對萬苣及大花咸豐草種子發芽及生長的影響

本實驗發現綠原酸5%（發芽指數 $13.3 \pm 2.27$ 、發芽率 $66.67\% \pm 5.77\%$ ）對萬苣發芽指數和發芽率顯著低於0%（發芽指數 $21.74 \pm 1.89$ 、發芽率 $96.67\% \pm 5.77\%$ ）( $p<0.05$ )。此外，實驗中也顯示鞣花酸濃度越高，其發芽指數越低，但無顯著差異，表示抑制效果不佳，然而槲皮素在1%（發芽指數 $21.17 \pm 0.57$ 、發芽率 $100\% \pm 0\%$ ）、3%（發芽指數 $20.04 \pm 2.65$ 、發芽率 $96.67\% \pm 5.77\%$ ）間發芽情況與對照組相似，甚至在5%（發芽指數 $21.17 \pm 1.52$ 、發芽率 $100\% \pm 0\%$ ）時發芽情況優於對照組，本研究推測槲皮素沒有抑制發芽效果（如圖15-1、15-2）。

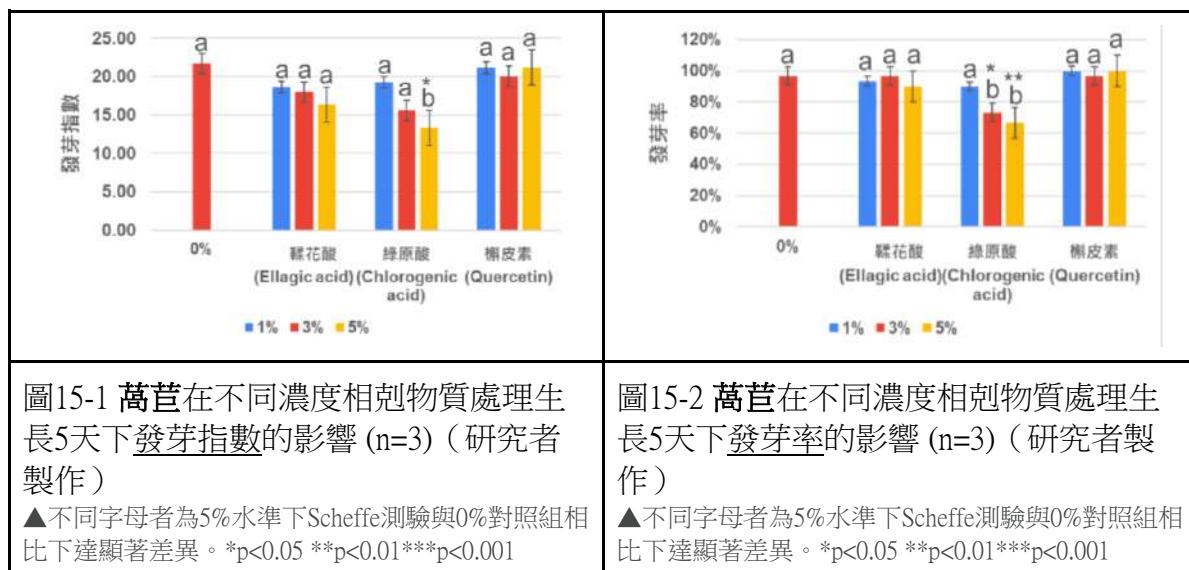


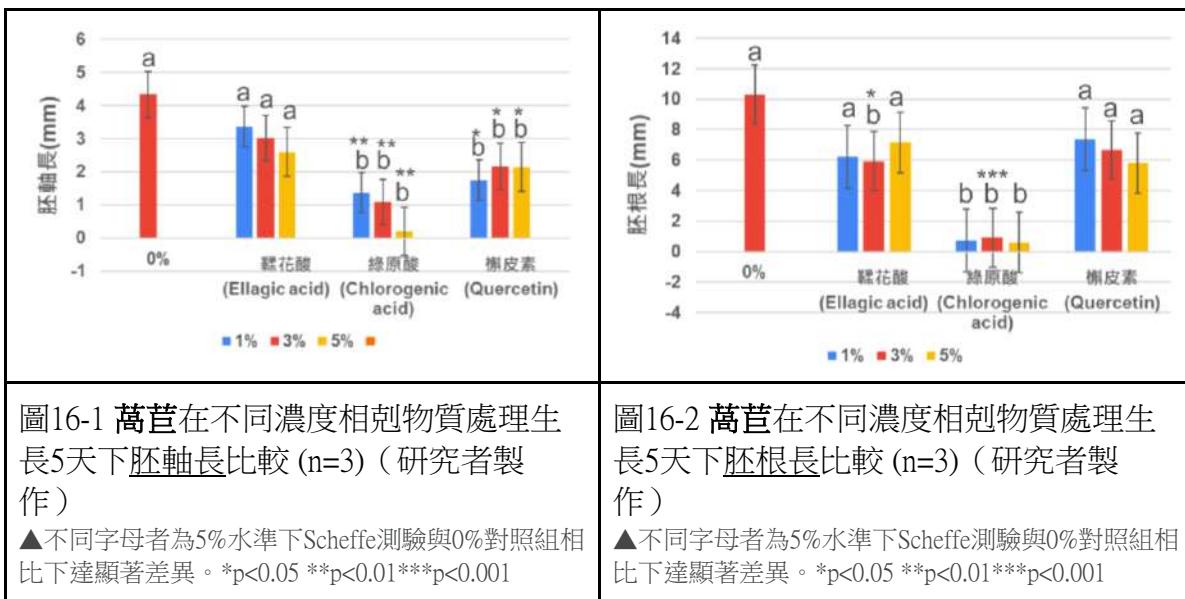
圖15-1 萬苣在不同濃度相剋物質處理生長5天下發芽指數的影響 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。\*p<0.05 \*\*p<0.01\*\*\*p<0.001

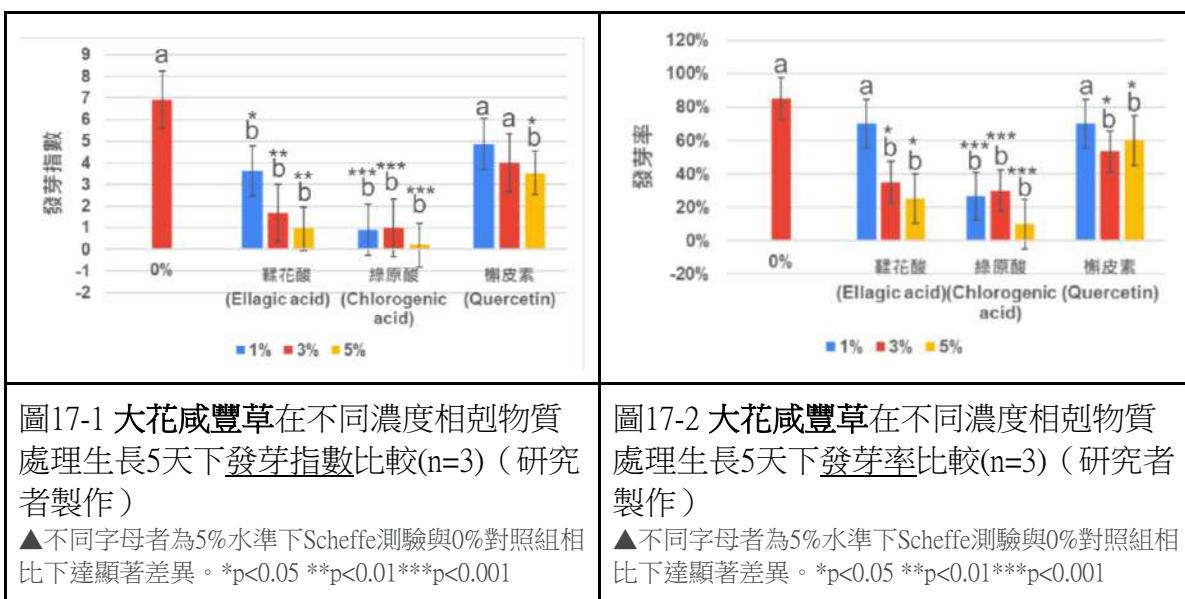
圖15-2 萬苣在不同濃度相剋物質處理生長5天下發芽率的影響 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。\*p<0.05 \*\*p<0.01\*\*\*p<0.001

綠原酸1%、3%及5%和槲皮素1%、3%及5%對萬苣胚軸長皆顯著低於對照組(胚軸長 $4.33 \pm 1.32\text{mm}$ 、胚根長 $10.30 \pm 2.57\text{mm}$ )，表示有抑制胚軸生長效果，其中以綠原酸5%（胚軸長 $0.20 \pm 0.20\text{mm}$ 、胚根長 $0.59 \pm 0.27\text{mm}$ ）抑制效果最佳。然而在萬苣胚根長觀察實驗中並不然，雖綠原酸同樣有抑制胚根的情形，而槲皮素對胚根的抑制效果不顯著，表示槲皮素主要抑制胚軸生長，此外，實驗中也發現鞣花酸3%（胚軸長 $3.02 \pm 0.30\text{mm}$ 、胚根長 $5.29 \pm 1.11\text{mm}$ ）處理下對胚根有顯著抑制效果，但對胚軸則無（如圖16-1、16-2）。



大花咸豐草實驗結果顯示，鞣花酸在1-3%濃度的發芽指數皆顯著低於0%（發芽指數 $6.92\pm0.84$ ）其中以5%（發芽指數 $0.95\pm0.27$ ）的抑制效果最好，但1%發芽率無顯著差異，表示1%鞣花酸是發芽速率降低，但對最後總發芽數影響不大。綠原酸無論是發芽指數或是發芽率都顯著低於對照組，是三個相剋物質濃度中抑制效果最好的，其中以5%抑制發芽效果最佳。槲皮素的發芽指數在5%時顯著低於0%，而發芽率在3%及5%時都有呈現顯著差異的現象，總體來說5%抑制效果最好（ $3.53\pm1.46$ ），3%（ $53.33\pm5.77\%$ ）不影響發芽速率但影響總發芽數（如圖17-1、17-2）。



鞣花酸對大花咸豐草胚軸並沒有顯著的抑制效果，但在3%和5%時對胚根有顯著差異，而其中3%( $3.43\pm2.42\text{mm}$ )無論是對胚軸或胚根都是抑制效果最好的。而綠原

酸在1-3%下對胚軸和胚根長度生長皆顯著低於0%，表示抑制效果強烈，其中以5%（胚軸 $0.1\pm0.18\text{mm}$ 、胚根 $0.51\pm0.72\text{mm}$ ）時抑制效果最強。而槲皮素對於胚根或胚軸都無抑制效果，在1%時與0%的效果相似（如圖18-1、18-2）。

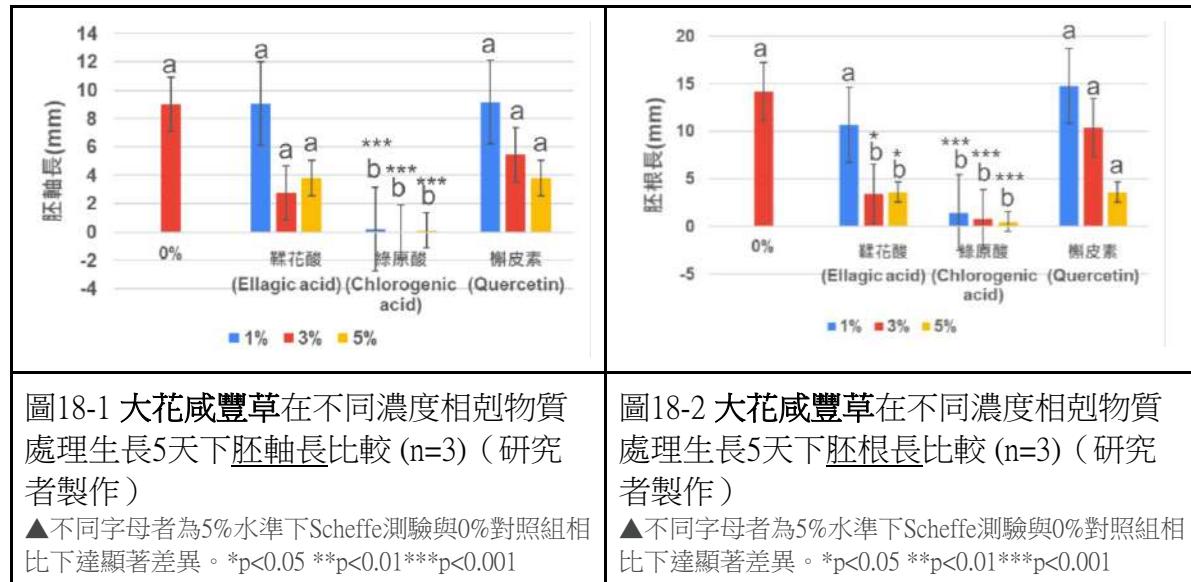


圖18-1 大花咸豐草在不同濃度相剋物質處理生長5天下胚軸長比較 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。 $*p<0.05$   $**p<0.01$   $***p<0.001$

圖18-2 大花咸豐草在不同濃度相剋物質處理生長5天下胚根長比較 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。 $*p<0.05$   $**p<0.01$   $***p<0.001$

以下內容Ea為鞣花酸、Ca為綠原酸以及Q為槲皮素。在交叉濃度的發芽指數實驗中，1%Ea+5%Ca、5%Ca+5%Q、3%Ca+1%Q顯著低於0%，表示此三種組合抑制發芽，其中以1%Ea+5%Ca ( $7.25\pm1.22$ ) 抑制效果最佳，在單一化感物質的實驗中，5%Ca也是顯著低於0%。而發芽率中只有1%Ea+5%Ca ( $60\%\pm10\%$ ) 顯著低於0%，其中5%Ea+1%Ca、3%Ea+1%Ca、1%Ea+3%Ca、1%Ea+1%Ca、5%Ea+1%Q、3%Ea+3%Q、1%Ea+5%Q、1%Ca+5%Q、1%Ca+3%Q的發芽率皆達100%，表示對發芽率無抑制效果或有促進效果（如圖19）。

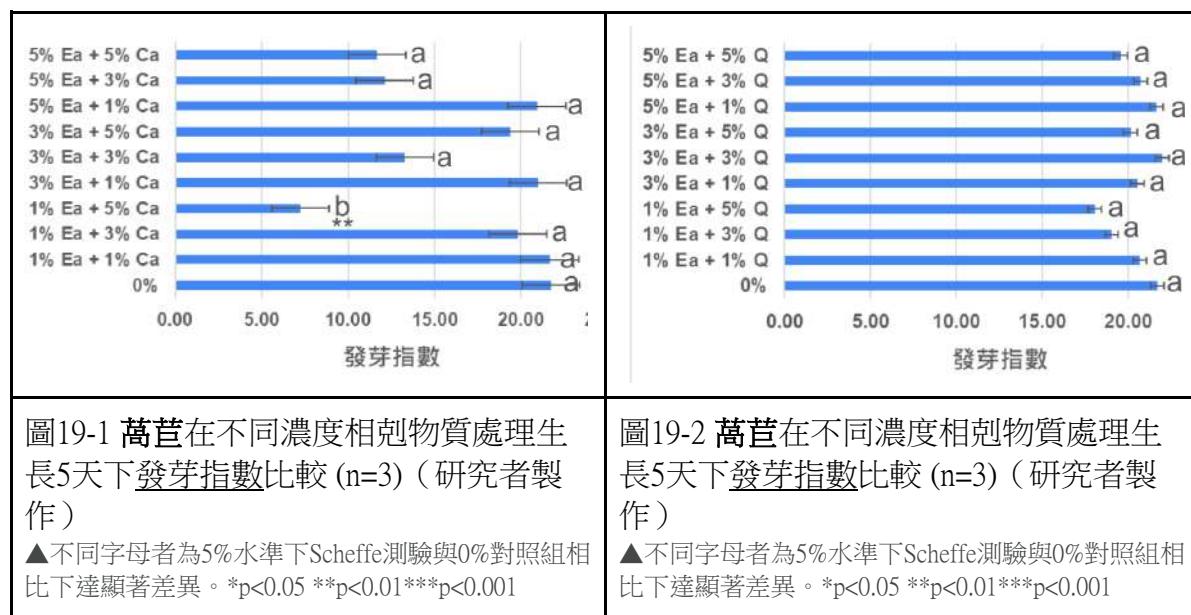
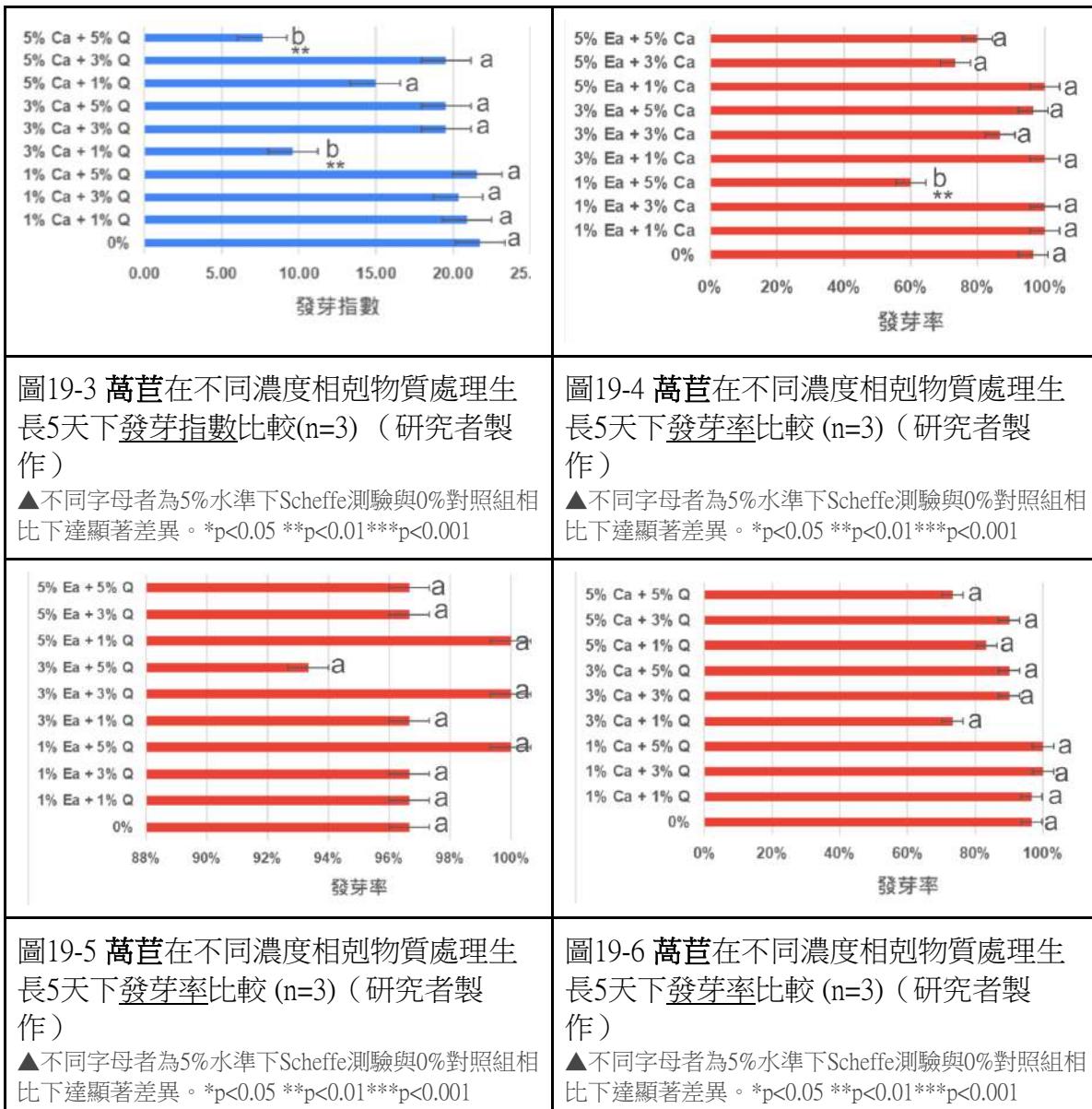


圖19-1 萬芭在不同濃度相剋物質處理生長5天下發芽指數比較 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。 $*p<0.05$   $**p<0.01$   $***p<0.001$

圖19-2 萬芭在不同濃度相剋物質處理生長5天下發芽指數比較 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。 $*p<0.05$   $**p<0.01$   $***p<0.001$



在Ea+Q的組合中，無論是何種濃度，皆會大大地增加胚軸的長度，推測Ea+Q混和後反而會促進胚軸生長，而本研究在其他組合中發現，胚軸抑制效果最好的為5%Ca+1%Q (0±0mm)，最後本研究發現在Ca+Q組合中得知，1%Ca可能會促進胚軸生長，但是3%和5%Ca則相反。在胚根生長的實驗裡，可以得知Ea+Q對胚根生長無顯著影響，但Ea+Ca和Ca+Q對胚根生長長度皆顯著低於0%，表示其對發芽具有抑制效果，其中抑制效果最好的為5%Ca+1%Q (0±0mm)，完全抑制胚根的生長（如圖20）。

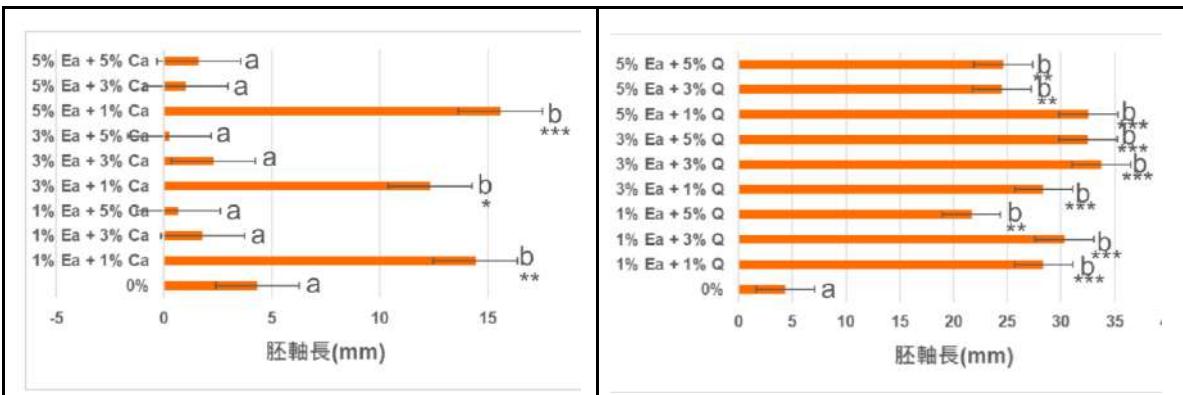


圖20-1 萬荳在不同濃度相剋物質處理生長5天下胚軸長比較 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。\*p<0.05 \*\*p<0.01\*\*\*p<0.001

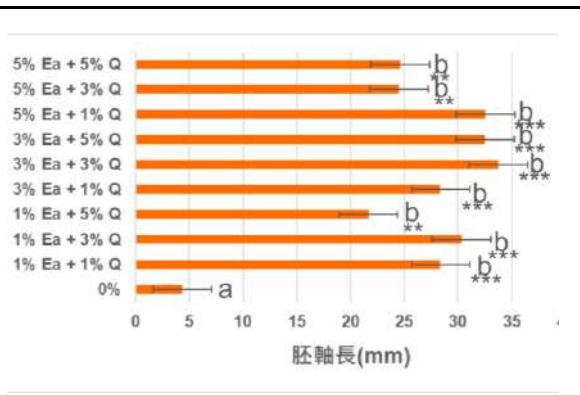


圖20-2 萬荳在不同濃度相剋物質處理生長5天下胚軸長比較 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。\*p<0.05 \*\*p<0.01\*\*\*p<0.001

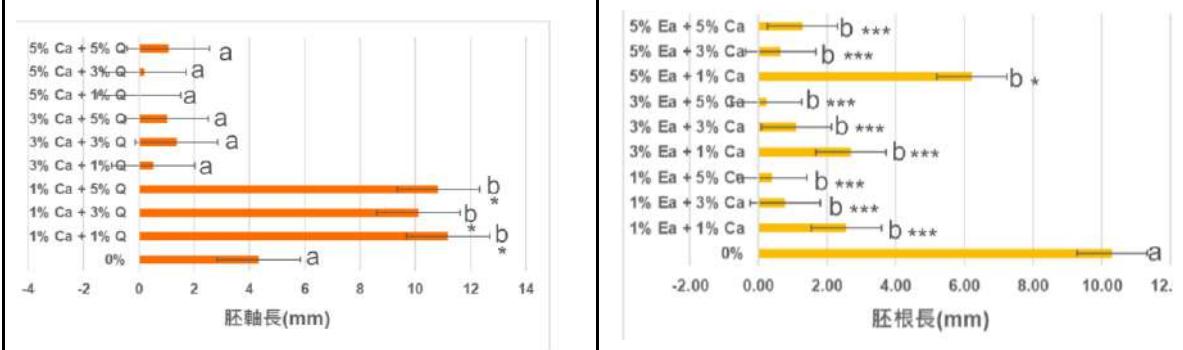


圖20-3 萬荳在不同濃度相剋物質處理生長5天下胚軸長比較 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。\*p<0.05 \*\*p<0.01\*\*\*p<0.001

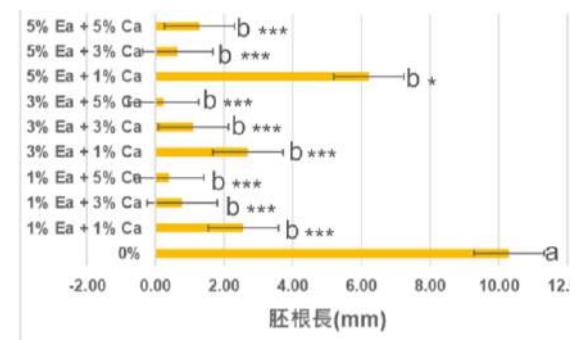


圖20-4 萬荳在不同濃度相剋物質處理生長5天下胚根比較 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。\*p<0.05 \*\*p<0.01\*\*\*p<0.001

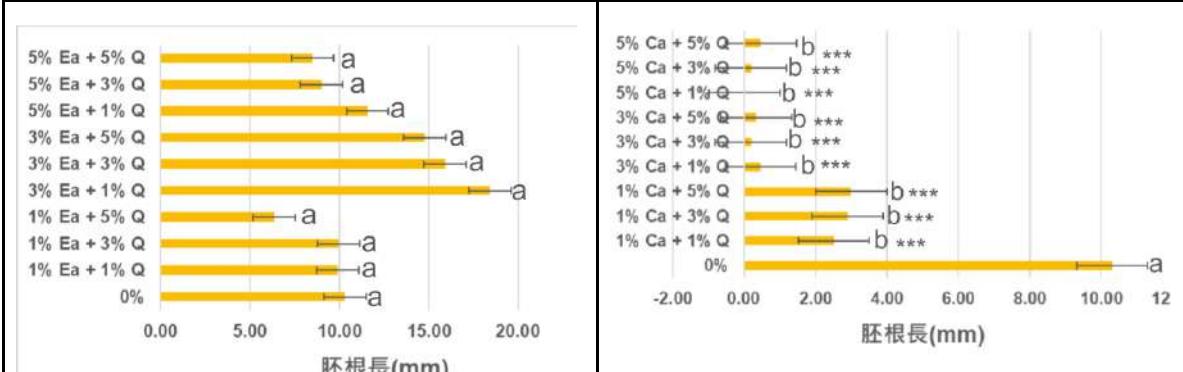


圖20-5 萬荳在不同濃度相剋物質處理生長5天下胚根比較 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。\*p<0.05 \*\*p<0.01\*\*\*p<0.001

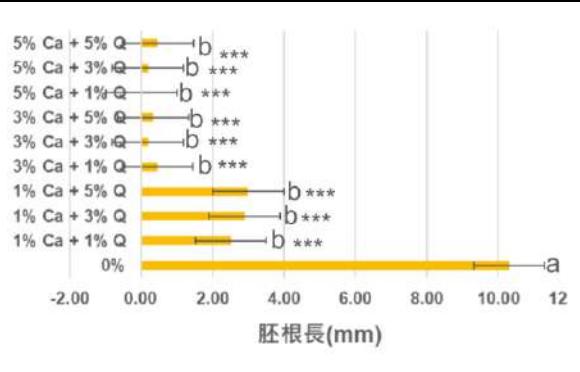


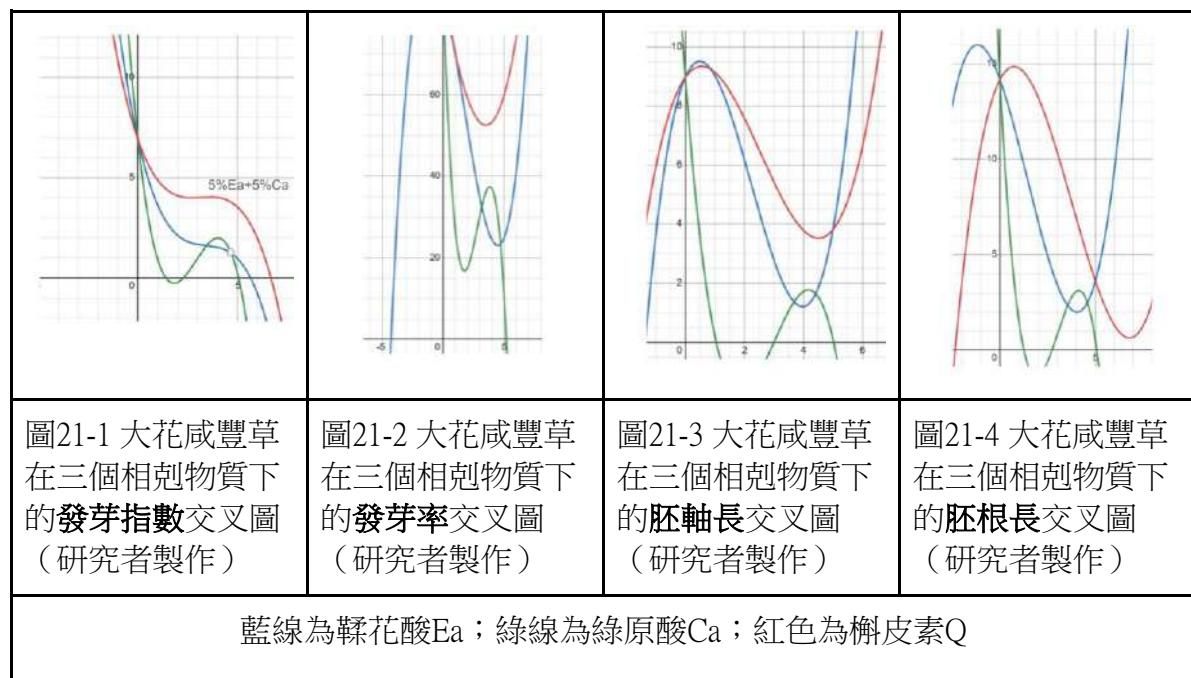
圖20-6 萬荳在不同濃度相剋物質處理生長5天下胚根比較 (n=3) (研究者製作)

▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。\*p<0.05 \*\*p<0.01\*\*\*p<0.001

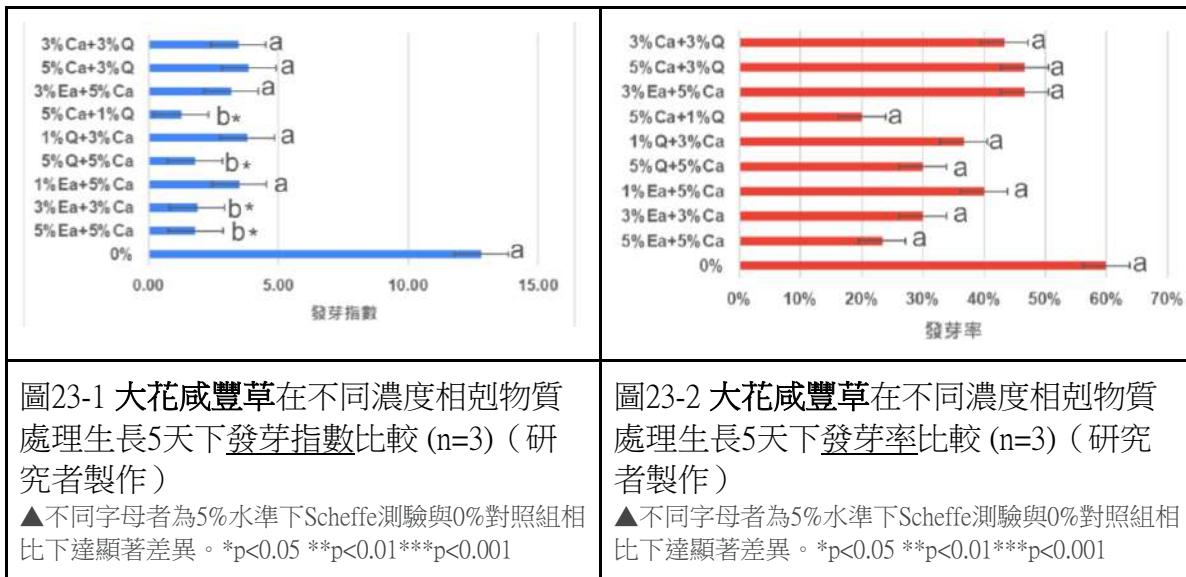
我們從萐苣的交叉實驗中，分別整理了抑制發芽、胚軸長與胚根長效果前三名的組合，如表4。

表4 抑制效果前三名	
發芽	1%Ea+5%Ca 、 5%Ca+5%Q 、 3%Ca+1%Q
胚軸	5%Ca+1%Q 、 3%Ea+5%Ca 、 5%Ca+3%Q
胚根	5%Ca+1%Q 、 3%Ca+3%Q 、 3%Ea+5%Ca

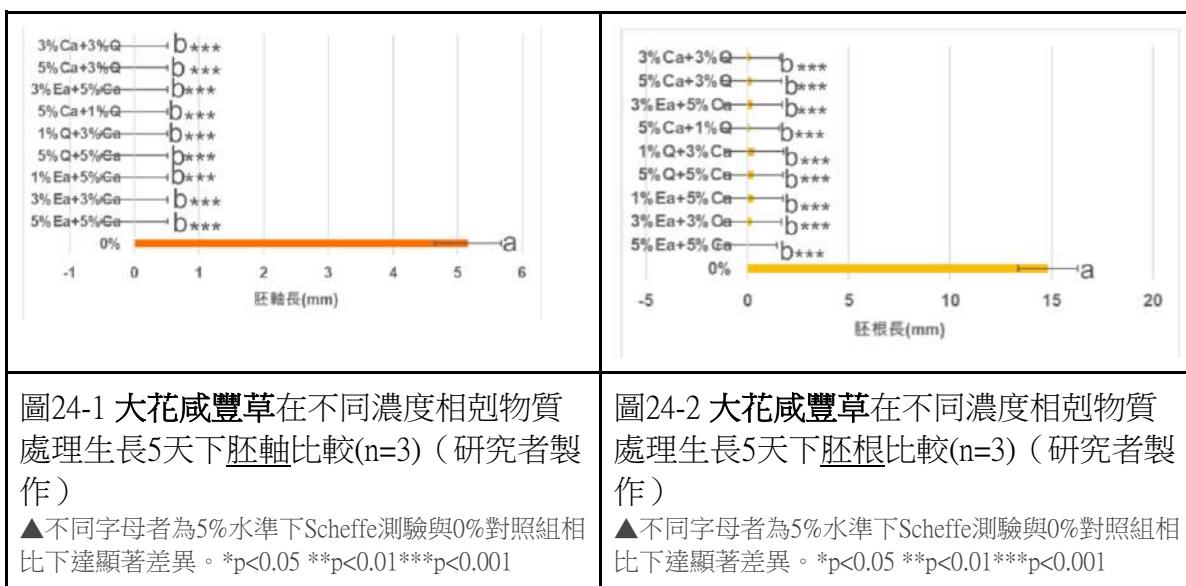
另外我們透過desmos繪圖軟體，利用單一相剋物質的實驗結果，畫出三條函數曲線，藉此判斷在哪兩種濃度相交時，會得出最佳的抑制效果，從圖21可以推論，發芽指數的最佳抑制濃度為5%Ea+5%Ca，發芽率也為5%Ea+5%Ca，胚軸長及胚根長則都為3%Ea+3%Ca。此結果結合上表前三名，本研究決定用1%Ea+5%Ca、5%Ca+5%Q、3%Ca+1%Q、5%Ca+1%Q、3%Ea+5%Ca、5%Ca+3%Q、3%Ca+3%Q、5%Ea+5%Ca及3%Ea+3%Ca（如圖21）。



由以下統計圖得知，各濃度施加在大花咸豐草的發芽率皆無顯著差異，但發芽指數分別在5%Ea+5%Ca、3%Ea+3%Ca、5%Q+5%Ca及5%Ca+1%Q顯著低於對照組( $p<0.05$ )，其中抑制效果最佳的為5%Ca+1%Q( $1.26\pm1.34$ )，而藉由單一相剋物質推算出來的濃度組合5%Ea+5%Ca也皆有抑制效果，不過抑制萐苣發芽指數最佳的5%Ca+1%Q施加在大花咸豐草上並無顯著抑制（如圖23）。



各組濃度的胚軸長都為0mm，抑制效果極佳，而胚根長抑制效果最好的為5%Ea+5%Ca(0±0mm)，各個濃度組合也皆有顯著差異 (p<0.001)。由此得知在我們所挑選出的組合之中，都對大花咸豐草的胚軸及胚根長度有極顯著的影響，表示交叉濃度對萬苣的抑制效果能推測至大花咸豐草（如圖24）。



#### 四、探討鳳凰木葉子及枝條粉末對大花咸豐草田間實驗下的生長影響

從圖25-1中得知在施加枝條粉末下的葉綠素含量皆高於對照組，其中枝條100克顯著高於對照組(p<0.05)，代表枝條100g作用下促進大花咸豐草的生長。含氮量的結果中，葉片及枝條粉末施加下皆高於對照組，但沒有顯著差異。從圖25-2的鮮重結果來看，施用葉片100克下，大花咸豐草以外的植物鮮重最高；就大花咸豐草本身而

言，葉片100克的鮮重略低於對照組，但其他實驗組（例如枝條50克和葉片50克）均呈現鮮重高於對照組，其中枝條50克的大花咸豐草鮮重最高。

從圖25-3得知，覆蓋面積與對照組相比皆無顯著差異，而葉片100克是覆蓋量最少的一組，其鮮重也最輕，但氮含量卻是所有組別中最高的，其和葉綠素含量也有很大的差距，本研究推測應是受到其他植物的阻擋，使其無法有效地行光合作用，而枝條100克是覆蓋面積最大的，但該區植物全部的鮮重（526.1g）皆比其他實驗組還低，只有較對照組（432.7g）的重量重（如圖25-2）。

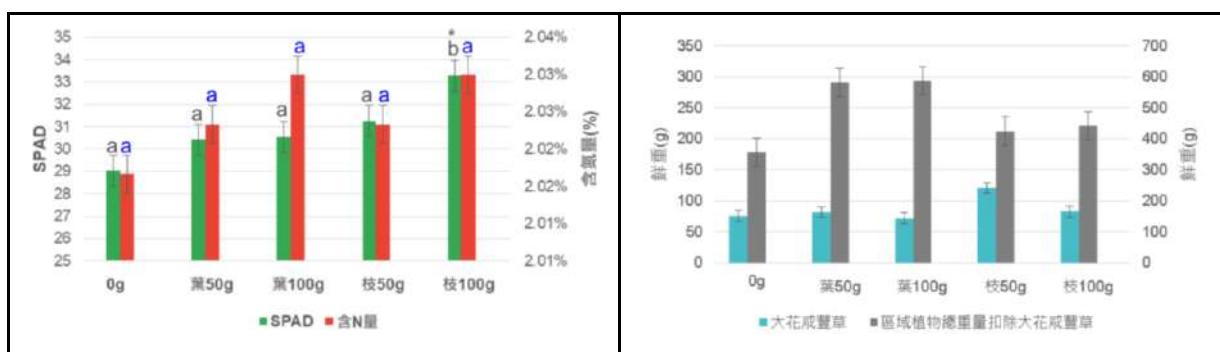


圖25-1 葉片枝條粉末對大花咸豐草葉綠素含量與含氮量的影響 (n=3) (研究者製作)  
 ▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0g對照組相比下達顯著差異。\*p<0.05 \*\*p<0.01\*\*\*p<0.001

圖25-2 葉片枝條粉末對大花咸豐草及其他植物總鮮重的影響 (研究者製作)

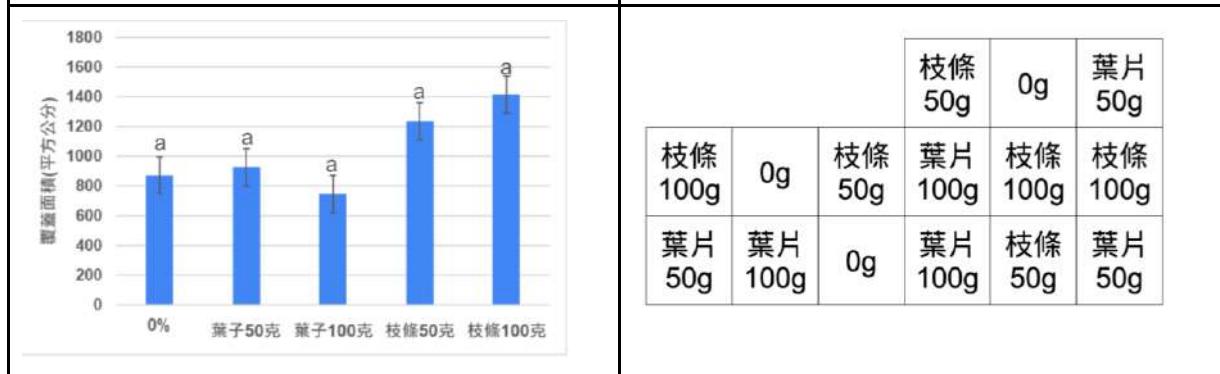


圖25-3 葉片枝條粉末對大花咸豐草覆蓋面積的影響 (研究者製作)  
 ▲不同字母者為5%水準下Scheffe測驗與0%對照組相比下達顯著差異。\*p<0.05 \*\*p<0.01\*\*\*p<0.001

		枝條50g	0g	葉片50g	
枝條100g	0g	枝條50g	葉片100g	枝條100g	枝條100g
葉片50g	葉片100g	0g	葉片100g	枝條50g	葉片50g

圖25-4  
 施作粉末相對位置  
 (研究者製作)



圖25-5  
2025/1/17 (第一周) 空拍圖  
(研究者拍攝)



圖25-6  
2025/2/15 (第四周) 空拍圖  
(研究者拍攝)

## 伍、討論

### (一) 探討鳳凰木葉片及枝條萃取物對萬苣及大花咸豐草種子發芽及生長的影響

本研究結果顯示，鳳凰木葉片與枝條萃取液1 - 5%對大花咸豐草及萬苣種子的發芽具有顯著的抑制效果。文獻指出，鳳凰木葉片對田間旋花的萌芽亦具有抑制作用 (Perveen et al., 2019)，但該研究採用乙酸乙酯進行萃取；而本研究則使用甲醇萃取。由此推測，不同萃取溶劑所得的相剋物質組成可能有所不同，進而影響實驗結果。甲醇能萃取出的物質如咖啡酸 (Caffeic acid)、沒食子酸 (Gallic acid)、綠原酸 (Chlorogenic acid) 以及鞣花酸 (Ellagic acid)。本研究目的三也發現，綠原酸(Ca)及鞣花酸(Ea)能抑制大花咸豐草種子的發芽，因此推測鳳凰木中酚酸類相剋物質對種子發芽的抑制具有關鍵作用。

葉片與枝條的萃取液對萬苣和大花咸豐草的胚軸及胚根生長均具有抑制作用。此外，根據本研究目的三的實驗結果顯示，酚酸類，如鞣花酸(Ea)與綠原酸(Ca)，相比於酯溶性物質，如槲皮素(Q)，對胚軸及胚根的抑制效果更為明顯。因此，可以推斷酚酸類化合物對植物發芽具有較強的抑制作用，且綠原酸(Ca)的抑制效果高於鞣花酸(Ea)。

### (二) 探討鳳凰木葉子及枝條粉末對萬苣及大花咸豐草植株生長影響

本研究結果顯示，隨著葉片或枝條粉末濃度的增加，植株的死亡率也隨之上升，其中葉片粉末的抑制效果顯著高於枝條粉末。然而，存活下來的植物在生長高度上並未出現明顯差異，有些實驗組的植株高度甚至超過對照組。文獻指出，利用水萃法提

取的相剋物質施用於植株時，葉片的抑制效果較為顯著 (Chou et al., 1992)。在研究目的四中，本研究得知大部分實驗組在後期的植株生長量均高於對照組，與本研究結果相似。本研究推測，在植株生長初期，粉末中含有的相剋物質對植物產生明顯抑制作用；但隨著時間延長，這些粉末逐漸分解，轉化為有利於植物生長的肥料，或其中含有的相生物質在相剋物質作用過後發揮促進作用，從而在後期促進了植株生長。亦有文獻指出，黑板樹對大花咸豐草的相生相剋實驗中，樹下土壤及其葉片對於大花咸豐草生長的抑制效果會隨著時間減弱(Wang et al., 2014)，呼應此研究結果。

鳳凰木葉片或枝條粉末對葉綠素含量及含氮量的影響不顯著。起初，本研究結果顯示這可能與使用蛭石盆栽缺乏含氮物質有關，因為植物所需的氮主要來自土壤；然而，即使在研究目的四使用天然土壤的實驗中，氮含量差異仍不明顯。文獻指出，較高的葉片氮含量通常會促進光合作用速率，因為氮是葉綠素和光合作用酶的重要成分 (Yang et al., 2015)。本研究推測可能原因在於植物生長時間不足，或是葉片與枝條在分解過程中釋放出氮，導致在測量時粉末已完全分解，植株吸收了這些分解產生的氮，從而使得各組間的含氮量無顯著差異。

此外，本研究在蛭石盆栽實驗中發現，施用枝條粉末1 – 5%的植株鮮重均高於對照組；這一結果與研究目的四中田間實驗所見一致，即施用枝條粉末 (50g與100g) 的處理組在大花咸豐草的鮮重及覆蓋面積上也顯示出高於對照組的趨勢。本研究推測，枝條粉末中可能含有較多促進生長的相生物質，或在分解後釋放出較多養分，從而促進植株生長。

### (三) 探討鳳凰木三種相剋物質對萬苣及大花咸豐草種子發芽及生長的影響

在本研究中，我們先將不同濃度的相剋物質施用於萬苣種子，再將其結果與大花咸豐草的實驗結果進行比較。結果顯示，雖然兩種植物在最佳抑制配方上大致相同，但萬苣所呈現的抑制效果更為明顯。文獻指出，萬苣相較於其他植物對相剋物質更為敏感，因此常被用作模式生物 (陳娥等，2016)。本研究推測，正因萬苣具備高敏感度，才能更充分地顯現各種相剋物質的潛在抑制能力，進而協助篩選出最合適或最不適合作為除草劑的原料，之後再將篩選結果應用於大花咸豐草的實驗中，以期獲得更精準的除草效果評估。

綠原酸(Ca)5%時對萬苣的發芽指數、發芽率、胚軸長和胚根長明顯低於對照組，由於綠原酸(Ca)屬於酚酸類化合物，我們的實驗發現大部分處理組的種子發芽率幾乎接近零，這與文獻中所述酚酸類物質能抑制種子萌芽 (PengChenYin et al., 2023)的結果相符，這也導致胚根與胚軸無法發育；即使綠原酸(Ca)與其他相剋物質混合，其抑制效果依然保持。因此根據實驗結果，綠原酸(Ca)是一種理想的抑制萌發化合物，在除草劑開發中，可於大花咸豐草發芽前施用，以有效阻斷其生長。

本研究結果顯示綠原酸(Ca)5%抑制大花咸豐草的發芽效果最佳，但並不會隨著濃度增加而提高發芽數，而3%和5%的鞣花酸(Ea)對大花咸豐草的胚軸也有顯著的抑制效果。文獻指出，抑制作用的強度不一定隨著濃度增加而呈線性增強（余明翰、顏瑞泓，2022），這可以解釋為何在本實驗中相剋物質隨著濃度提高，抑制效果並未隨之提升。本研究推測，在進行植物生長抑制實驗時，最佳抑制濃度未必是最高濃度，因為當化合物達到飽和狀態時，其抑制效果可能不再增加。文獻中也顯示酚酸類對植物生長有抑制效果，而鞣花酸(Ea)屬於酚酸類，因此其對大花咸豐草胚軸生長有抑制效果。

在混合濃度的實驗中，我們發現當鞣花酸(Ea)與槲皮素(Q)共同施用時，胚軸與胚根的生長均顯著提升。根據文獻，槲皮素(Q)和鞣花酸(Ea)均具有抗氧化和環境適應調節的特性，能夠減少氧化壓力並促進植物生長（楊舒等，2016）。具體來說，槲皮素(Q)可提升抗氧化能力並調控生長激素，進而促進細胞分裂和發育（孫涓等，2011）；而鞣花酸(Ea)則能增強植物的耐逆境能力，幫助植物吸收養分並降低環境壓力造成的損傷。因此，本研究推測，鞣花酸(Ea)雖然為酚酸類，會抑制植株發芽，但其和槲皮素(Q)這兩種物質在植物生長較後期可能通過抗氧化與激素調控的協同作用，使植物在各種生長條件下能夠更加健康且快速地發育。

#### (四) 探討鳳凰木葉子及枝條粉末對大花咸豐草田間實驗下的生長影響

本研究在田間試驗中施用不同劑量 (50g、100g)的鳳凰木葉片與枝條粉末，觀察大花咸豐草及其他植物的生長表現。結果顯示，施加枝條粉末處理組的大花咸豐草葉綠素含量普遍高於對照組，尤其枝條100g 組顯著高於對照組 ( $p<0.05$ )，表示高劑量枝條粉末在田間環境下具有促進大花咸豐草合成光合作用的酵素。然而，含氮量雖同樣在葉片與枝條粉末中高於對照組，但差異未達顯著水平，推測可能是施用時間不足或因粉末分解導致產生含氮養分增加的緣故，使得實驗組含氮量較高。

在鮮重方面，葉片100克對大花咸豐草以外的植物鮮重最高；而大花咸豐草在葉片50、100克的重量與對照組0g差異不大，表示葉片粉末對大花咸豐草的影響不大但對其他植物則有促進的效果。此外，枝條粉末50g及100g組中的大花咸豐草鮮重和覆蓋面積大多高於對照組，呼應了先前研究目的二盆栽實驗中對枝條粉末所觀察到的促進生長趨勢。根據本實驗結果推測，枝條中含有的相剋物質可能在早期對大花咸豐草生長造成部分抑制，但隨著時間推移，這些粉末分解釋放的養分或相生物質含量增進了植株的生長。其他文獻也指出，鳳凰木含有多種次級代謝物，其中部分在適度濃度下對特定植物具有刺激作用或提高競爭力的效果 (Chou et al., 1992)。

## 陸、結論

- 一、萃取液中酚酸類成分主要由甲醇萃取，咖啡酸、沒食子酸、綠原酸、鞣花酸等能充分提取，進而影響種子萌發結果
- 二、鳳凰木葉片與枝條甲醇萃取液1 - 5%可顯著抑制大花咸豐草與萬苣種子萌發，種子發芽率接近零，證明酚酸類成分具有強烈抑制作用。
- 三、混合實驗中，酚酸類如綠原酸(Ca)與鞣花酸(Ea)對胚軸和胚根生長均有明顯抑制作用，其中綠原酸(Ca)抑制效果優於鞣花酸(Ea)。
- 四、鞣花酸(Ea)與綠原酸(Ca)混和施用時可展現出良好的抑制發芽與胚軸胚根長的效果；鞣花酸(Ea)與槲皮素(Q)混合施用可在植物生長後期通過協同作用，抵消單獨抑制效應，使植株仍能正常發育。
- 五、鞣花酸(Ea)與槲皮素(Q)共同施用時，胚軸及胚根生長顯著提升，表明兩者可能通過抗氧化及激素調控產生協同促進生長效果。
- 六、蛭石盆栽實驗中，枝條粉末促進大花咸豐草生長鮮重效果明顯優於葉片粉末，研判枝條中可能含有更多促進生長的相生物質。
- 七、田間試驗結果顯示，施用枝條粉末50g及100g處理組中，大花咸豐草的鮮重和覆蓋率普遍高於對照組，證明其促進生長的效應顯著。
- 八、實驗發現，鳳凰木粉末隨時間分解後釋放出養分及相生物質，促使後期植株生長，部分處理組植株高度甚至超越對照組。
- 九、施加粉末後的大花咸豐草植株葉綠素含量與含氮量並無顯著差異，推測粉末在植物生長後期被分解為養分，進而促進後期生長。

十、由以上結論得知，葉片與枝條的萃取液及粉末可抑制大花咸豐草種子的早期生長，屬於萌前的抑制作用。而鞣花酸(Ea)與綠原酸(Ca)的混合施用不僅能抑制種子萌發，還能影響種子胚軸與胚根發育，兼具萌前與萌後的抑制效果。

十一、綜合研究結果，鳳凰木相剋物質在不同應用條件下展現抑制與促進生長的雙重效應，對為未來天然除草劑開發提供了研發方向。

## 柒、參考文獻資料

余明翰、顏瑞泓（2022）。*Colletotrichum acutatum* 次級代謝物對植物生長的抑制研究。臺灣農藥科學，第12期，頁3-4。

呂麗玲（1991）。鳳凰木的植物相剋作用潛能之研究（碩士論文）。國立臺灣大學。

孫涓、餘世春（2011）。槲皮素的研究進展。河南醫學高等專科學校學報。

陳娥、張等宏、王丹丹、金輝、李秀壯、何小鳳、燕志強、沈慧敏（2016）。三種酚酸類化合物對萬苣幼苗的化感作用及機理初探。農藥學學報，18(3)，317-322。

郭耀綸、陳志遠、林杰昌（2002）。藉連續切蔓法及相剋作用防治外來入侵的小花蔓澤蘭。臺灣林業科學，17(2)，171-181。

楊舒、貽陳曉陽、惠文凱、任、穎馬玲（2016）。逆境脅迫下植物抗氧化酶系統響應研究進展。福建農林大學學報（自然科學版），第5期481-489。

劉甯珠、王靖茹、李明仁（2014）。臺灣胡桃對小花蔓澤蘭及大花咸豐草的相剋效應。中華林學季刊，47(1)，37-48。

薛銘童（2021）。大花咸豐草化感作用對雜草防治效用及其於蔬菜栽培的應用研究（博士論文）。國立臺灣大學生物環境系統工程學系。

Chou, C. H., & Leu, L. L. (1992). Allelopathic substances and interactions of *Delonix regia* (Boj) Raf. *Physiologia Plantarum*, 18, 2285 – 2303.

Chappelle, E. W., Kim, M. S., & McMurtrey, J. E. (1992). Ratio of reflectance at 670 and 760 nm wavelengths for estimating chlorophyll content. *Remote Sensing of Environment*, 39, 239 – 246.

Fageria, Baligar .(2005).Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88, 97-185.

Markwell, J., Osterman, J.C., & Mitchell, J.L. (1995).Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*, 46, 467-472.

Monje, O. A., & Bugbee, B. (1992). Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meters: A comparison of two types of meters. *HortScience*, 27, 69 – 71.

Ranal, M. A., & Santana, D. G. (2006). How and why to measure the germination process. *Revista Brasileira de Botânica*, 29, 1 – 11.

Sharma, S., & Arora, S. (2015). Phytochemical and antioxidant analysis of *Delonix regia* (Bojer) leaves extracts. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7, 296 – 300.

Jain, S., Vaidya, A., Jain, N., & Kumar, V. (2020). Bioactive Compounds of Royal Poinciana (*Delonix Regia* (Hook.) Raf.). *Bioactive Compounds in Underutilized Vegetables and Legumes*, 483 – 502.

Peng, C., Wang, M., Wu, Y., Hua, Q., & Shen, Y. (2023). Study on desiccation tolerance and biochemical changes of *Sassafras tzumu* (Hemsl.) Hemsl. seeds. *Forests*, 14, 2183.

Perveen, S., Yousaf, M., Mushtaq, M. N., Sarwar, N., Khaliq, A., & Hashim, S. (2019). Selective bioherbicidal potential of *Delonix regia* allelopathic leaf extract on germination and seedling growth of field bindweed and wheat. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17, 511 – 519.

Umar Farooq, Ashraf Abdulaziz Alzahrani, & Abdulaziz Alhomaidan(2023)Phytotoxicity and Chemical Profile of *Delonix regia* Extracts. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*,13

Wang, C. M., Chen, H. T., Li, T. C., Weng, J. H., Jhan, Y. L., Lin, S. X., & Chou, C. H. (2014). The role of pentacyclic triterpenoids in the allelopathic effects of *Alstonia scholaris*. *Journal of Chemical Ecology*, 40, 90 – 98.

Yang, X., Li, G., Luo, W., Chen, L., Li, S., Cao, M., & Zhang, X. (2015). Quantifying the relationship between leaf nitrogen content and growth dynamics and yield of muskmelon grown in plastic greenhouse. *Hort Science*, 50, 1677 – 1687.

## 【評語】052111

1. 本研究探討鳳凰木釋放的相剋物質對大花咸豐草與萬苣發芽與生長的抑制效果。結果顯示其萃取液與粉末皆具顯著萌發與生長抑制作用，特別是綠原酸與鞣花酸效果最佳，因此推論其可能具有天然除草劑潛力。
2. 本研究同時進行室內與田間試驗，設計明確。建議能增加其他雜草的種類，以使結論更有依據。
3. 研究成果創新度尚有進步的空間。除了驗證鳳凰木葉子/枝條及已知的相剋物質可調控萬苣及大花咸豐草萌芽/生長，也可探討相關問題，例如(1)不同的鳳凰木品種是否有差異性？(2)利用不同的相剋物質對不同植物生長抑制效果之不同，是否可以調配出對特定植物物種的抑制劑。
4. 建議多加討論鳳凰木中所含的相剋物質製成除草劑的專一性為何？除了大花咸豐草及萬苣以外，是否還有其他植物或是作物會受影響？

作品海報

# 鳳凰木對大花咸豐草的相生相剋研究



關鍵詞：鳳凰木、相生相剋、大花咸豐草

# 摘要

本研究利用鳳凰木相剋物質，探討其對萐葐與大花咸豐草種子萌發及生長的影響，期望發展天然除草劑。研究動機來自於外來種大花咸豐草入侵，嚴重威脅農業生態。本研究採用甲醇萃取、相剋物質粉末及葉片枝條粉末，透過室內培養與田間試驗，評估不同濃度對發芽率、胚軸、胚根及植株生長的影響。結果顯示，鳳凰木萃取液（1~5%）顯著抑制兩種植物的萌發，粉末處理則提高植物死亡率。本研究選取鳳凰木主要相剋物質試驗，綠原酸與鞣花酸抑制效果最佳，槲皮素較弱。研究指出，酚酸類為主要抑制因子，具備萌前與萌後的雙重抑制效果，其中萃取液與粉末可抑制萌發，而粉末分解後可能釋放養份促進後其生長，為天然除草劑的開發提供新思路。

## 壹、前言

### 一、研究動機

大花咸豐草驚人的繁衍能力讓許多農人苦不堪言，只能藉由化學農藥來抑制它的生長，但效果有限，也間接影響到其他農作物，因此如何使用大自然的力量來抑制外來種的生長，也就是「生物防治法」，成了人類的一門課題。

### 二、研究目的

1. 探討鳳凰木葉片及枝條萃取物對萐葐及大花咸豐草種子發芽及生長的影響
2. 探討鳳凰木葉子及枝條粉末對萐葐及大花咸豐草植株生長影響
3. 探討鳳凰木三種相剋物質對萐葐及大花咸豐草種子發芽及生長的影響
4. 探討鳳凰木葉子及枝條粉末對大花咸豐草田間實驗下的生長影響

### 三、文獻回顧

Chou et al., 1992	植物相剋作用可影響植物種子的萌發、生長速度、養分吸收及抗病能力，並可應用於雜草抑制。
Jain et al., 2021	鳳凰木葉片含有楊梅素、類黃酮、酚酸及鞣花酸等相剋化合物，影響其他植物的生長。
Farooq et al., 2023	鳳凰木枝條中的相剋物質可抑制種子萌發與幼苗生長，影響植物競爭與生態平衡。
Sharma et al., 2015	黃酮類及酚酸類化合物廣泛存在於植物體中，其含量差異影響相剋作用強度。
陳娥等, 2016	萐葐因對相剋物質敏感，常被用作相剋作用研究的模式植物。

## 貳、研究設備與器材

鳳凰木葉片	鳳凰木枝條	萐葐種子	大花咸豐草種子
鞣花酸	綠原酸	槲皮素	甲醇
抽氣櫃	真空減壓濃縮機	果汁機	微量秤
葉綠素測量儀器	含氮量測量儀器	試劑瓶	google文件
SPSS統計軟體	google試算表	excel	image j

## 參、研究過程及方法

### 一、探討鳳凰木葉片及枝條萃取物對萐葐及大花咸豐草種子發芽及生長的影響

	鳳凰木葉片	鳳凰木枝條
大花咸豐草		
萐葐		

### 二、探討鳳凰木葉子及枝條粉末對萐葐及大花咸豐草植株生長影響

	萐葐/大花咸豐草(穴盤)	萐葐/大花咸豐草(盆栽)
對照組		
葉片/枝條 粉末1%、 3%、5%		

### 三、探討鳳凰木三種相剋物質對萐葐及大花咸豐草種子發芽及生長的影響

	萐葐	大花咸豐草
對照組		
鞣花酸、綠原酸、 槲皮素 各1%、3%、5%		
混和濃度		

(研究者拍攝)

### 四、探討鳳凰木葉子及枝條粉末對大花咸豐草田間實驗下的生長影響

	大花咸豐草種子
對照組	
葉片粉末50克、100克	
枝條粉末50克、100克	

(研究者拍攝)

### 數據蒐集

研究目的三	發芽率---發芽種子/總數 發芽指數--- $GI = \Sigma (tGt)$ 胚軸胚根長---直尺
研究目的四	植株高度---直尺(二) 葉綠素---葉綠素測量儀器 含氮量---含氮量測量儀器 鮮重---微量秤 生長面積---小畫家+image j(四)

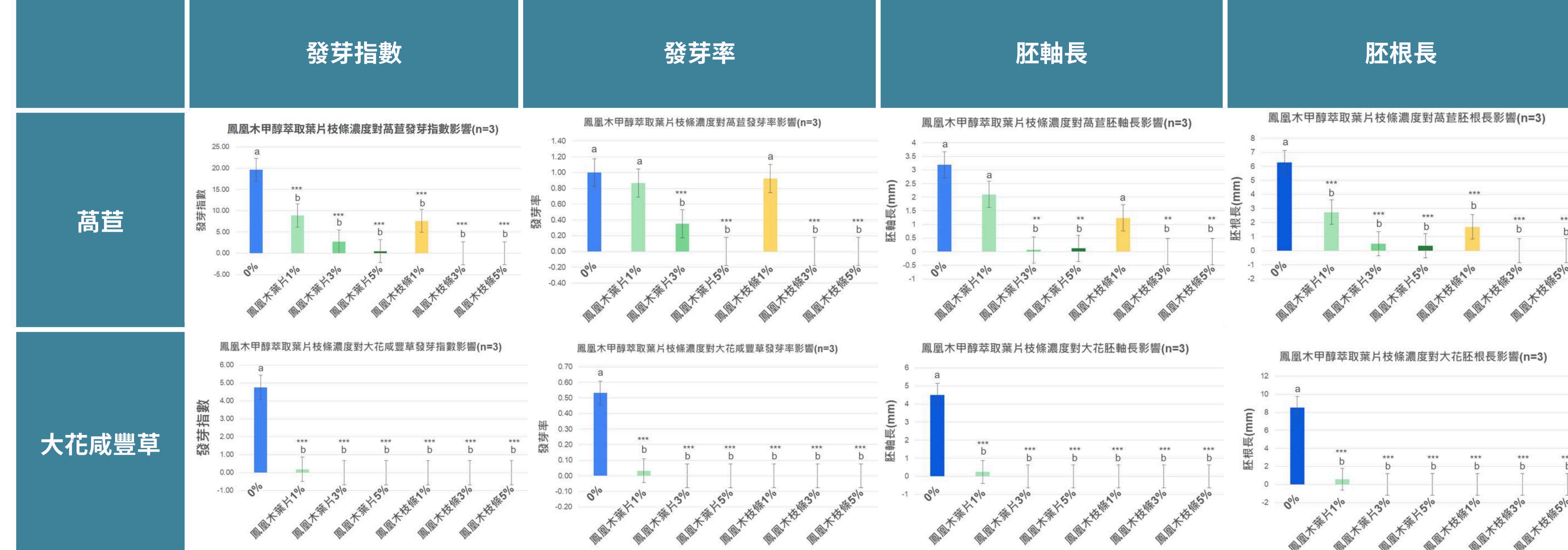
### 數據整理

excel	統計圖表
SPSS	ANOVA分析

## 肆、研究結果與討論

### 一、探討鳳凰木葉片及枝條萃取物對萐葐及大花咸豐草種子發芽及生長的影響

(研究者製作)

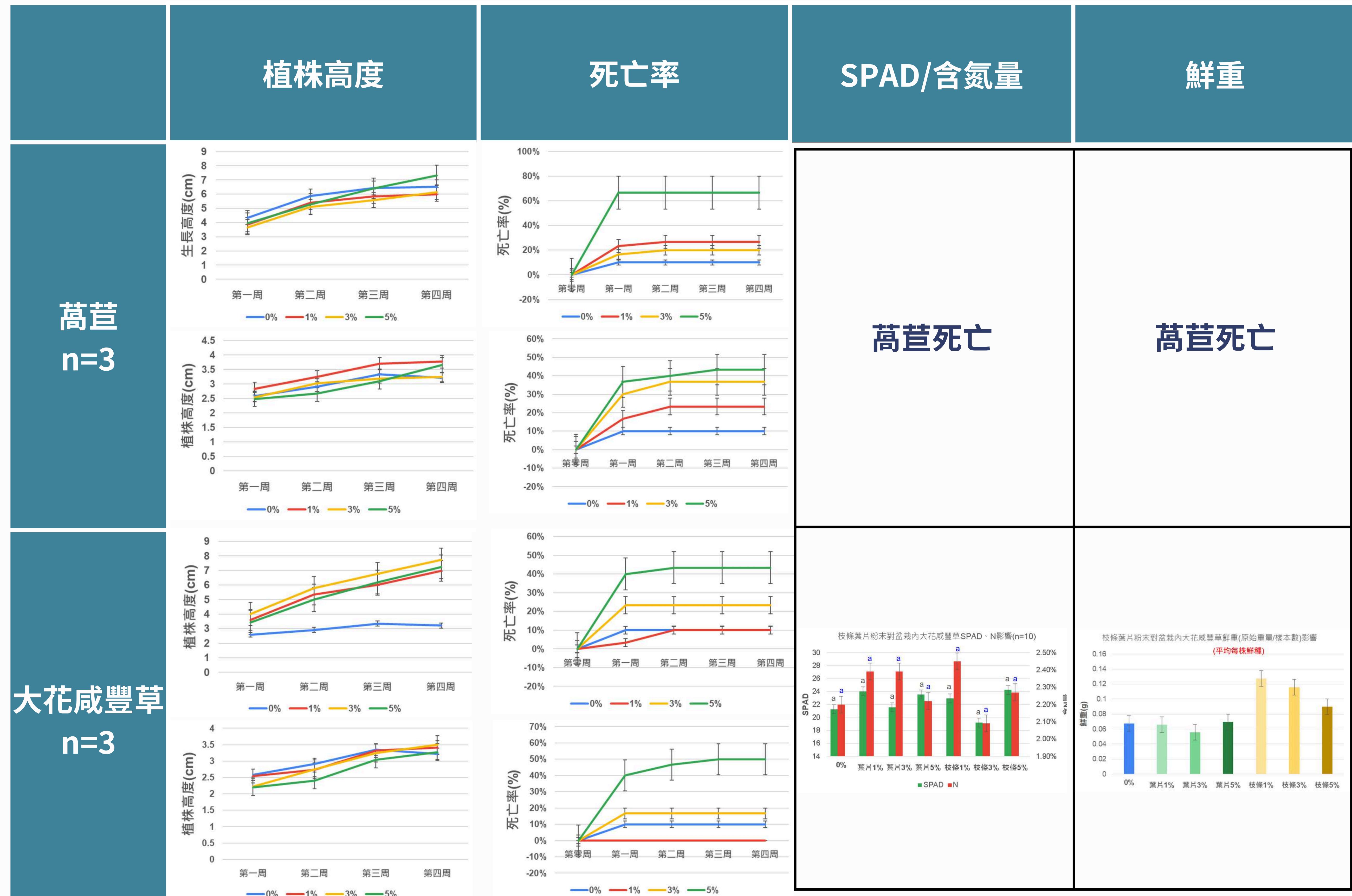


# 討論-研究目的—

1. 鳳凰木葉片與枝條萃取液 (1-5%) 顯著抑制大花咸豐草與萐躅種子的發芽。先前研究使用乙酸乙酯萃取鳳凰木葉片，發現其對田間旋花的萌芽亦具抑制作用 (Perveen et al., 2019)。本研究使用甲醇萃取，可能導致相剋物質組成不同，進而影響抑制效果。
  2. 甲醇可萃取的化合物包括咖啡酸 (Caffeic acid)、沒食子酸 (Gallic acid)、綠原酸 (Chlorogenic acid, Ca) 及鞣花酸 (Ellagic acid, Ea)。本研究的三發現綠原酸 (Ca) 與鞣花酸 (Ea) 可抑制大花咸豐草種子發芽，推測酚酸類物質為主要抑制因素。
  3. 鳳凰木葉片與枝條萃取液能抑制萐躅和大花咸豐草的胚軸與胚根生長。相較於脂溶性物質 (如槲皮素, Q)，酚酸類物質 (如鞣花酸, Ea 與綠原酸, Ca) 的抑制效果更為顯著。綠原酸 (Ca) 的抑制效果高於鞣花酸 (Ea)，顯示其對植物發芽與生長的影響較強。

## 二、探討鳳凰木葉子及枝條粉末對萐葐及大花咸豐草植株生長影響

(研究者製作)

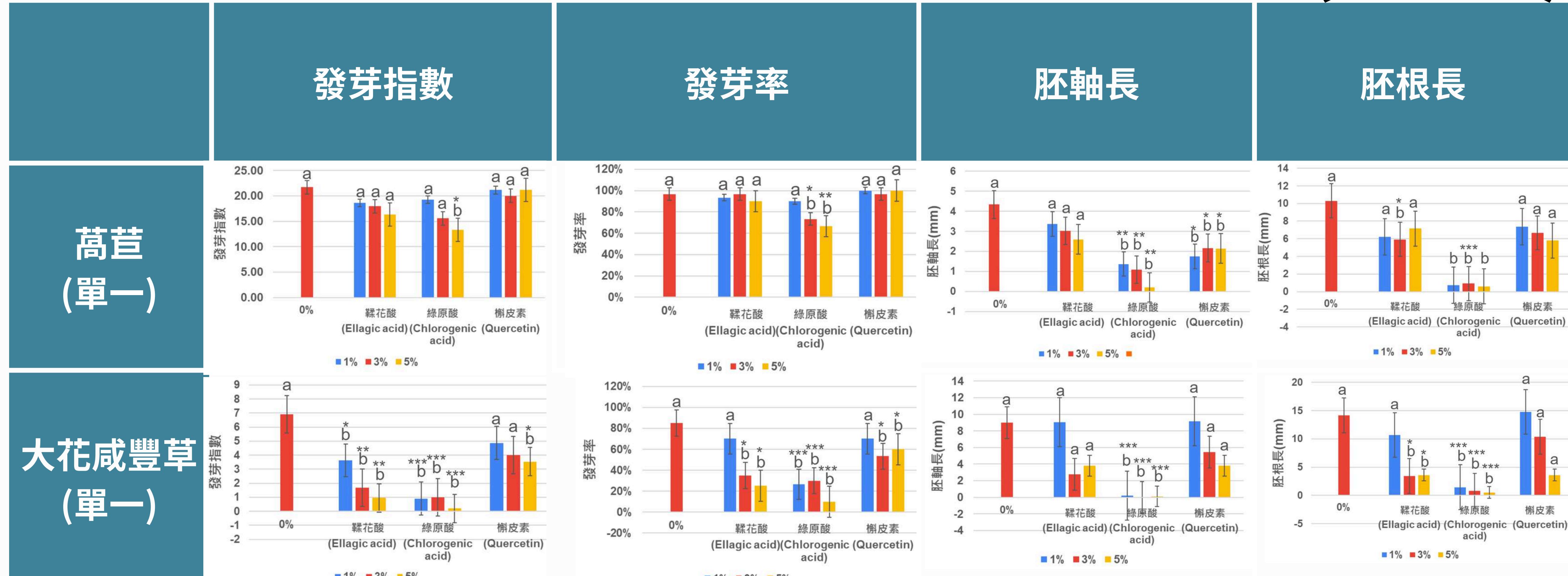


# 討論-研究目的二

1. 葉片或枝條粉末濃度越高，植株死亡率越高，且葉片粉末的抑制效果強於枝條粉末。文獻也指出，水萃法提取的相剋物質對植株的抑制效果，葉片較枝條更顯著 (Chou et al., 1992)。
  2. 存活植株的生長高度無顯著差異，部分實驗組甚至高於對照組。推測原因是粉末在早期釋放相剋物質抑制生長，但隨時間延長，粉末分解後轉化為肥料，或相生物質在相剋作用減弱後促進生長。文獻也指出，黑板樹葉片對大花咸豐草的抑制效果會隨時間減弱 (Wang et al., 2014)。
  3. 凤凰木葉片與枝條粉末對葉綠素含量及含氮量影響不顯著。初步推測是因蛭石盆栽缺乏氮源，但在天然土壤實驗中亦無顯著差異。可能原因包括植株生長時間不足，或粉末在分解過程中釋放氮，導致植株吸收，使各組含氮量趨於一致。
  4. 施用枝條粉末的植株鮮重高於對照組，田間實驗中亦觀察到相同趨勢。施用 50g 和 100g 枝條粉末的大花咸豐草，其鮮重及覆蓋面積高於對照組。推測枝條粉末可能含較多促進生長的相生物質，或分解後釋放養分，促進植株生長。

### 三、探討鳳凰木三種相剋物質對萐葍及大花咸豐草種子發芽及生長的影響

# (研究者製作)



## 發芽指數

## 發芽率

## 胚軸長

## 胚根長

高苣  
(混和)

大花  
咸豐草  
(混和)

(研究者製作)

## 討論-研究目的三

- 綠原酸(Ca) 5% 幾乎完全抑制高苣種子發芽，與文獻指出酚酸類可抑制萌芽的結果一致 (Peng Chenyin et al., 2023)。即使與其他物質混合，仍具強效與穩定性，適合在大花咸豐草發芽前使用以抑制初期生長。
- Ca 5% 對大花咸豐草抑制最明顯，但濃度升高不一定增強效果；Ea (鞣花酸) 3% 和 5% 亦可抑制胚軸生長。此現象符合文獻所述濃度與抑制效果不必呈線性關係 (余明翰、顏瑞泓, 2022)，可能因作用已達飽和。
- Ea(鞣花酸) 與 Q (槲皮素) 合併時反促進胚軸與胚根生長，推測與其抗氧化與激素調節作用有關 (楊舒等, 2016；孫涓等, 2011)，產生協同效果，有助植物適應逆境並加速生長。

## 四、探討鳳凰木葉子及枝條粉末對大花咸豐草田間實驗下的生長影響

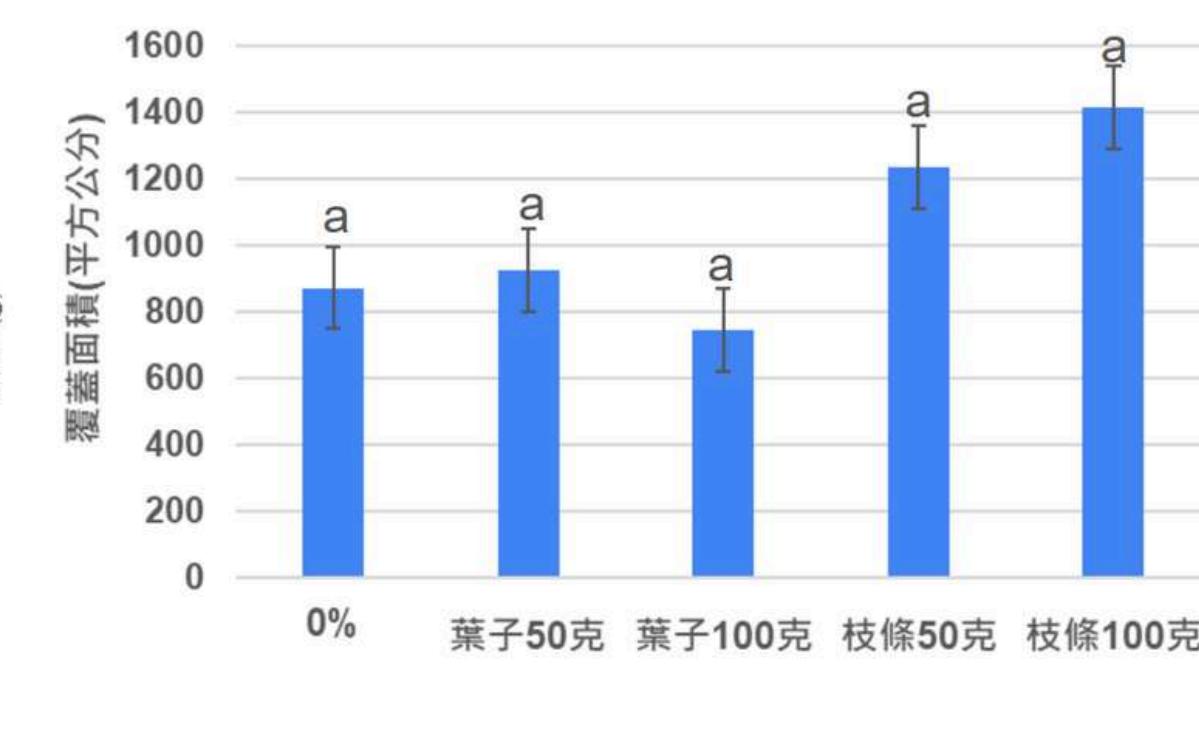
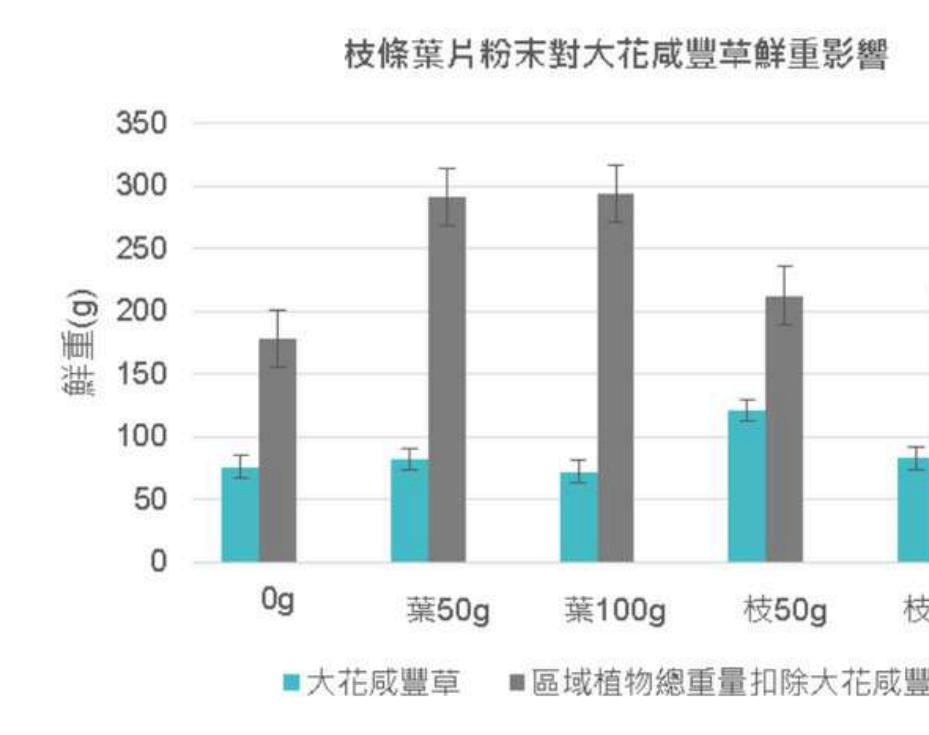
(研究者製作)

大花咸豐草

### SPAD/氮含量

### 鮮重

### 覆蓋面積



## 討論-研究目的四

- 施用鳳凰木枝條粉末可提升大花咸豐草葉綠素含量，尤其在 100g 組顯著高於對照組 ( $p<0.05$ )，顯示高劑量可能促進光合作用酵素合成。
- 葉片與枝條粉末組的含氮量雖高於對照組，但未達顯著差異，可能與施用時間或粉末分解釋放的氮素有關。
- 葉片粉末 100g 組顯著促進其他植物的鮮重，但對大花咸豐草無顯著影響，推測可能因大花咸豐草對葉片粉末中的特定成分反應較弱，或其已具較強競爭力，不易受外源刺激物影響，顯示葉片粉末具有選擇性促進作用。
- 枝條粉末組別中，大花咸豐草鮮重與覆蓋面積普遍高於對照組，與盆栽試驗結果一致，顯示其可能含有促生長的相生物質。
- 枝條粉末初期可能抑制大花咸豐草，但隨分解釋放養分或相生物質，反而促進其生長，與文獻中鳳凰木次級代謝物的刺激作用一致 (Chou et al., 1992)。

## 伍、結論

- 萃取液中酚酸類成分主要由甲醇萃取，咖啡酸、沒食子酸、綠原酸、鞣花酸等能充分提取，進而影響種子萌發結果。
- 鳳凰木葉片與枝條甲醇萃取液 1-5% 可顯著抑制大花咸豐草與高苣種子萌發，種子發芽率接近零，證明酚酸類成分具有強烈抑制作用。
- 混合實驗中，酚酸類如綠原酸(Ca)與鞣花酸(Ea)對胚軸和胚根生長均有明顯抑制作用，其中綠原酸(Ca)抑制效果優於鞣花酸(Ea)。
- 鞣花酸(Ea)與綠原酸(Ca)混和施用時可展現出良好的抑制發芽與胚軸胚根長的效果；鞣花酸(Ea)與槲皮素(Q)混合施用可在植物生長後期通過協同作用，抵消單獨抑制效應，使植株仍能正常發育。
- 鞣花酸(Ea)與槲皮素(Q)共同施用時，胚軸及胚根生長顯著提升，表明兩者可能通過抗氧化及激素調控產生協同促進生長效果。
- 蛭石盆栽實驗中，枝條粉末促進大花咸豐草生長鮮重效果明顯優於葉片粉末，研判枝條中可能含有更多促進生長的相生物質。
- 田間試驗結果顯示，施用枝條粉末 50g 及 100g 處理組中，大花咸豐草的鮮重和覆蓋率普遍高於對照組，證明其促進生長的效應顯著。
- 實驗發現，鳳凰木粉末隨時間分解後釋放出養分及相生物質，促使後期植株生長，部分處理組植株高度甚至超越對照組。
- 施加粉末後的大花咸豐草植株葉綠素含量與含氮量並無顯著差異，推測粉末在植物生長後期被分解為養分，進而促進後期生長。
- 由以上結論得知，葉片與枝條的萃取液及粉末可抑制大花咸豐草種子的早期生長，屬於萌前的抑制作用。而鞣花酸(Ea)與綠原酸(Ca)的混合施用不僅能抑制種子萌發，還能影響種子胚軸與胚根發育，兼具萌前與萌後的抑制效果。
- 綜合研究結果，鳳凰木相剋物質在不同應用條件下展現抑制與促進生長的雙重效應，對為未來天然除草劑開發提供了研發方向。

## 陸、參考文獻資料

請參考作品說明書