

# 2023 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 060008

參展科別 植物學

作品名稱 福木葉萃取液應用於生物除草劑之可行性評估  
Evaluation of bioherbicidal potential of  
*Garcinia subelliptica* Merr. Leaves.

得獎獎項

就讀學校 臺中市立大甲高級中學

指導教師 阮季芷

作者姓名 紀宜辰、沈育緯、陳韋儒

關鍵詞 菲島福木(*Garcinia subelliptica* Merr.)、  
相剋作用(Allelopathy)、  
生物除草劑(Bioherbicides)

## 作者簡介



大家好，我們是來自大甲高中的紀宜辰(圖右)、陳韋儒(圖左)和沈育緯(圖後)，從小在田野間長大，大自然裡的生物是陪伴我們成長的夥伴、激發好奇心的對象，更是讓我們踏上科學研究的媒介。有緣一同進入大甲高中求學的我們，憑著對生物科的喜愛與各有所長的互補個性，讓我們能有幸在高一時就組隊開始科展研究，很感謝阮季芷老師(圖中)的辛勤指導、謝謝家人的支持與眾多同學們的情義相挺，因為有太多人的幫助與鼓勵，我們三人辛苦耕耘後才能歡呼收割，很榮幸能獲得全國中小學科展農業與食品學科第一名佳績，也感謝師長同學的鼓勵讓我們勇敢再進一步，希望已進入 2023 台灣國際科學展覽會複審的我們能憑著這一年多的研究成果再次獲得評審們的青睞。

## 摘要

大花咸豐草(*Bidens pilosa* L.) 為主要的入侵植物之一，菲島福木(*Garcinia subelliptica* Merr.)能否作為生物除草劑，抑制大花咸豐草的危害。以最佳萌發條件培養三種作物與雜草-大花咸豐草種子，福木葉萃取液皆能抑制種子萌發，且對大花咸豐草的抑制效果最顯著。進行幼苗測試，福木葉萃取液可抑制萵苣主根長、小麥草植株與不定根生長，亦能抑制大花咸豐草植株與主根生長，並促進大花咸豐草過氧化氫酶的活性。本研究認為福木深具發展成生物除草劑的潛力，但考慮福木相剋作用與大花咸豐草和作物競爭有下列兩種情形：(1)萵苣：相剋<相剋+競爭≤競爭(2)小麥草：相剋+競爭<競爭<相剋，故建議在兩種萵苣播種前使用 5%福木葉萃取液，抑制大花咸豐草種子萌發；小麥草需等大花咸豐草叢生後再使用 10%福木葉萃取液，可促進小麥草的生長；單獨生長的大花咸豐草則使用 10%福木葉萃取液能夠有效抑制其生長。

## Abstract

*Bidens pilosa* L. is one of the major invasive species in Taiwan. This study evaluated the allelopathic activity of the aqueous extract of leaves of *Garcinia subelliptica* Merr. against *Bidens pilosa* L. in order to be applied as a potential bioherbicide and reduce the use of synthetic herbicides. Seeds of *Lactuca sativa* L. *sacriola* L. var. *sativa* Bisch, *Lactuca sativa* var. *sativa*, *Agropyron cristatum* and *Bidens Pilosa* L. are given the conditions directly necessary for best activity. The application of the aqueous extract of leaves of *Garcinia subelliptica* Merr. reduced the germination of the seeds and had the highest inhibitory effect on *Bidens Pilosa* L. In the seedling experiment, the aqueous extract of leaves of *Garcinia subelliptica* Merr. could inhibit the root growth of the lettuce, suppress the shoot growth and the adventitious roots formation of *Agropyron cristatum*, and the shoot and root growth of *Bidens pilosa* L. were also inhibited. The activity of catalase of *Bidens pilosa* L. was observed to be enhanced through treatment of the aqueous extract of leaves of *Garcinia subelliptica* Merr.. We could conclude that *Garcinia subelliptica* Merr. could be developed as an eco-friendly weed control option. Considering plant-plant interference (i.e., allelopathy and competition), growth and defense abilities of the tested plants were evaluated in simulated field conditions. In the present study, the tested plants showed two different results:

(1) Lettuce: allelopathy < allelopathy + competition ≤ competition

(2) *Agropyron cristatum*: allelopathy + competition < competition < allelopathy

As a bioherbicide, we suggest that 5% of the aqueous extract of leaves of *Garcinia subelliptica* Merr. could be applied before you sow these two kinds of lettuce to inhibit the germination of *Bidens pilosa* L.. The aqueous extract at 10% concentration could significantly enhance the growth of *Agropyron cristatum* when the field is overgrown with *Bidens pilosa* L.. Furthermore, 10% concentration of aqueous extract can inhibit the germination and growth of *Bidens pilosa* L. alone.

# 壹、前言

## 一、研究動機

菲島福木(*Garcinia subelliptica* Merr.)是常見的台灣原生樹種(廖天賜, 2011)。同為福木屬的大果藤黃(*Garcinia pedunculata* Roxb.)之果實萃取液對多種植物具有相剋作用(Md. Mahfuzur Rob et al, 2019)。大花咸豐草(*Bidens pilosa* L.)在 1980 年前入侵台灣, 台灣全島低海拔地區極為常見, 其具有相剋作用, 可抑制其他植物的生長, 被列為台灣二十大危害力最高的入侵植物之一(薛銘童, 2021; 徐曉玫, 2006; 鄧書麟、何坤益、張怡萱、蔡景株、呂福原, 2004)。

住家附近有著一大片的大花咸豐草, 校園各處也常見到大花咸豐草生長, 但是在學校正門川堂旁栽種的菲島福木植株下方卻怎麼也看不到大花咸豐草或其他雜草生長。因文獻中提到這兩類植物的相剋作用, 每天看到它們時, 總好奇著福木對大花咸豐草是不是也具有相剋作用? 所以我們想針對福木的相剋作用進行探究, 本研究中所選定的作物為極常見的食用蔬菜—萵苣(*Lactuca sativa*)與常作為貓草的小麥草—正式名稱為雞冠鵝觀草 (*Agropyron cristatum*), 大花咸豐草則做為雜草的代表。

## 二、研究目的

探究福木葉萃取液於農田中做為生物除草劑之可行性, 亦即對雜草大花咸豐草之種子萌發與幼苗生長達到最大的抑制效果, 但對作物之生長發育影響最小。

(一)找尋小麥草(*Agropyron cristatum*)、圓葉 A 菜(*Lactuca sativa* L. sacriola L. var. sativa Bisch)、福山萵苣(*Lactuca sativa* var. sativa)、大花咸豐草(*Bidens pilosa* L.)等植物的種子最佳萌發條件。

(二)了解福木葉萃取液對大花咸豐草、小麥草、圓葉 A 菜與福山萵苣種子萌發之相剋情形。

(三)探討福木葉萃取液對大花咸豐草、小麥草、圓葉 A 菜與福山萵苣幼苗生長之相剋作用。

(四)測試福木葉萃取液對大花咸豐草過氧化氫酶活性的影響, 以推測其相剋作用之可能機轉。

(五)大花咸豐草分別與小麥草、圓葉 A 菜與福山萵苣混種以確認農田中作物與大花咸豐草競爭生長之情形, 並評估福木葉萃取液實際於農田中做為生物除草劑之可行性。

### 三、文獻回顧

所謂相剋作用是指植物能藉由分泌酚類、萜類或生物鹼等物質，透過影響細胞膜通透性、水與養分吸收、呼吸作用、光合作用等生理反應，抑制鄰近植物的發芽與生長(薛銘童，2021)。

大花咸豐草可透過淋溶、揮發、根分泌及殘體分解等途徑釋出化感物質以進行相剋作用，以殘體分解最為主要，殘體分解釋出的主要化感物質應為酚類(薛銘童，2021)，酚類化合物被證實是相剋活性較強的一類，此類化合物包括對羥基苯甲酸(4-hydroxybenzoic acid)、香草酸(vanillic acid)、丁香酸(syringic acid)、香豆酸(coumarin)等。(袁秋英，2016) 萜類是次於酚類的第二大相剋物質(陳奕竹，2011)。

香根鳶尾(*Iris pallida*)之根莖萃取液能有效抑制萵苣胚根與下胚軸之生長，其根莖中亦純化出二苯甲酮類化合物(Benzophenones)(Yourk Sotharith et al, 2021)。鼠眼木(*Ochna serrulata*)萃取液中亦純化出酚酸類(Phenolic acid)和黃酮類(flavonoids)，並有效抑制萵苣種子萌發(Guilherme Colla et al, 2011)。根據 Hiroyuki Minami 等人的研究發現，福木的木材中有多種氧雜蒽酮(xanthones)如 2,5-dihydroxy-1-methoxylxanthone, 1-O-methylsymphoxanthone 和 garciniaxanthone E 等(Hiroyuki Minami et al,1996)，Aruna Shahaji Nangare 等人的研究中則指出氧雜蒽酮(xanthones)會透過影響過氧化氫酶(catalase)、過氧化物酶(peroxidase)和多酚氧化酶(polyphenol oxidase)等酵素之活性來進行相剋作用(Aruna Shahaji Nangare et al,2016)。另外，同為福木屬的大葉藤黃(*Garcinia Xanthochymus* Hook)葉萃取液中亦純化出 garcienone ((R, E)-5-hydroxy-5-((6S, 9S)-6-methyl-9-(prop-13-en-10-yl) tetrahydrofuran-6-yl) pent-3-en-2-one)一全新的化感物質，並對苜蓿 (*Medicago sativa* L.)、水芹(*Lepidium sativum* L.)及稗草(*Echinochloa crus-galli* (L.)P. Beauv.)等具有相剋作用(Md. Mahfuzur Rob et al,2019)。

萵苣屬於菊科萵苣屬作物，品種繁多，各類萵苣喜歡生長的溫度為 15~25°C，而萵苣種子則是適合在 15-20°C發芽(張簡秀容，1999；江怡睿，2002；謝政宏，2005)，栽培容易，生育期短，但因品種繁多，故本研究僅挑選圓葉 A 菜(*Lactuca sativa* L. sacriola L. var. sativa Bisch)與俗稱大陸妹的福山萵苣(*Lactuca sativa* var. sativa)兩種品種進行實驗。雞冠鵝觀草(*Agropyron cristatum*)，又稱小麥草，禾本科鵝觀草屬，其生長與小麥相似，皆喜冷涼、乾燥的環境，因植株生長快速(李坤榮，2011)，是常見的貓草植物，故選做我們的實驗植物。

## 貳、研究方法與過程

### 一、研究設備及器材

#### (一)實驗植物與來源：

小麥草 (*Agropyron cristatum*)種子：來自台中市大甲區種子行。

圓葉 A 菜(*Lactuca sativa* L. *sacriola* L. var. *sativa* Bisch)種子：來自台中市清水區種苗行。

福山萵苣(*Lactuca sativa* var. *sativa*)種子：來自台中清水區種苗行。

大花咸豐草(*Bidens pilosa* L.)種子與植株：於住家與校園附近自行採摘。

菲島福木(*Garcinia subelliptica* Merr.)葉採集於校園中。

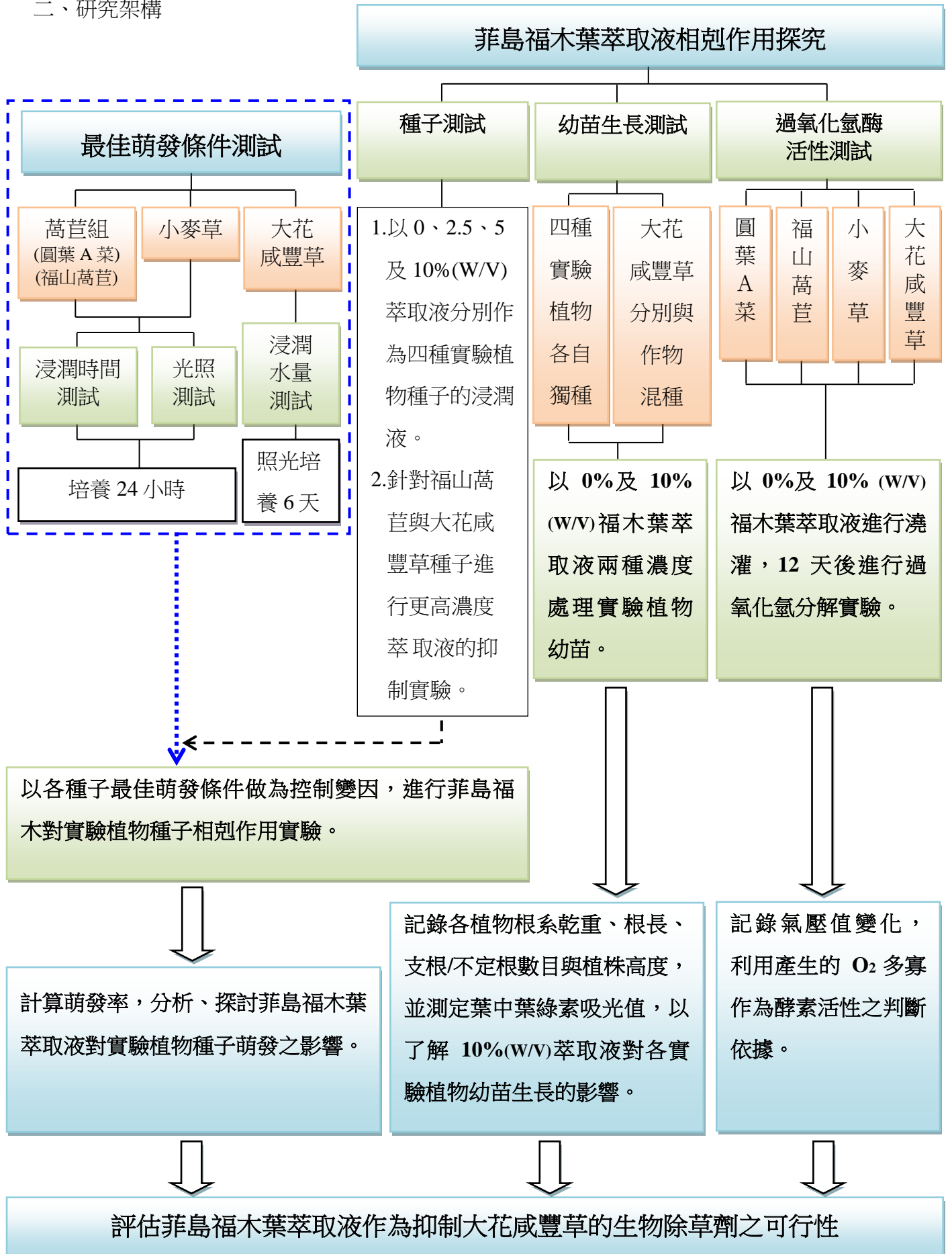
#### (二)工具、耗材與藥品：

鑷子、秤量紙、1 號夾鏈袋、PP 塑膠碗、PP 塑膠盒、PET 塑膠盒、剪刀、黑色塑膠袋、50mL 圓底塑膠離心管、試管架、紗布 3"x3"、培養皿、計時器、90mm 圓形濾紙、塑膠吸管(25mL、10mL)、量筒(100mL、1000mL)、石蠟膜(parafilm)、50mL 樣本瓶、血清瓶(100mL、500mL、1000mL)、燒杯(100mL、500mL、1000mL)、3%過氧化氫、3mL 針筒、三向閥、透明塑膠管、鋁箔、魯爾接頭。

#### (三)儀器：

微量吸管(含 tip)(Eppendorf *Research plus*)、植物生長箱(DENG YNG DR-60)、烘箱(DENG YNG Drying DOS45)、微量天平(Precisa LX320M)、往復式振盪器(EYELA MULTI SHAKER MMS)、分光光度計(VERNIER Go Direct SpectroVis Plus)、數位感測器(VERNIER LABQUEST-2)、調理機(Problend6 HR3556/03)、氣體壓力感應器(VERNIER LABQUEST-3)、離心機(DSC-N158T)。

二、研究架構



### 三、種子最佳萌發條件測試

根據江怡睿(2002)、謝政宏(2005)與薛銘童(2021)的研究，本研究培養各植物種子時，植物生長箱設定值皆為 20°C、濕度條件為 80%。萵苣與小麥草的萌發定義為「胚根突出種皮後超過 2mm」，而大花咸豐草種子萌發的定義為「胚根生長長度超過種子 1/3 長」。

#### (一)圓葉 A 菜與福山萵苣種子之「浸潤時間長短」與「光照」測試

將 100 顆/盤種子包裹於紗布中，並置於塑膠培養皿內，倒入 40mL/盤的水，分別浸泡 30、60、90、120 分鐘，除去水分後，將「種子紗布塊」擰乾並將其放入生長箱中進行培養。若是黑暗組，則以上步驟需在遮光下進行。培養 24 小時後，計算各培養皿中種子萌發率，並扣除極端值後，進行各統計數值(平均值、標準差、t-test)之計算。

#### (二)小麥草種子之「浸潤時間長短」與「光照」測試：

將 100 顆/碗種子放在塑膠碗中，各加入 70mL/碗的水，分別於黑暗與照光下浸泡 2、4、6、8 小時。浸泡結束時，黑暗組在遮光條件下將瀝乾後的種子均勻鋪在紗布上，並以 90mm 的濕濾紙覆蓋種子，照光組則是直接在有光的環境下操作所有步驟。之後將培養皿置於生長箱中培養 24 小時，計算各培養皿中種子萌發率，扣除極端值後進行各統計數值(平均值、標準差、t-test)之計算。

#### (三)大花咸豐草種子萌發測試：測試浸潤水量多寡對種子萌發的影響

參考薛銘童(2021)與徐玲明、林訓仕(2005)的研究，將大花咸豐草種子 50 顆/盤均勻鋪在一層 90mm 的濾紙上，之後再蓋上一層相同規格之濾紙，並於各組培養皿中分別加入 3mL、4mL、5mL 蒸餾水，使兩層濾紙完全浸濕，之後將兩濾紙間的空氣排出，以石蠟膜(parafilm)封合培養皿，最後置於植物生長箱中照光培養 6 天，生長箱環境控制為溫度 20°C、濕度條件 80%。6 天後計算萌發率，並扣除極端值後進行各統計數值(平均值、標準差、t-test)之計算。

### 四、福木葉萃取液對實驗植物種子萌發相剋作用實驗

#### (一)福木葉萃取液製備

剪取福木葉片，清洗、晾乾後將葉片組織剪碎，秤取組織 25、50、100、200 與 300 克放入 1000mL 燒杯中，再分別加入 975、950、900、800 與 700mL 的蒸餾水，分別以調理機打汁，最後以雙層紗布過濾，即獲得實驗所需的 2.5%、5%、10%、20%與 30%(W/V)福木葉



萃取液。(陳奕竹，2011)

## (二)福木葉萃取液抑制圓葉 A 菜、福山萵苣、小麥草及大花咸豐草種子萌發實驗

以 0%(蒸餾水)、2.5%、5%、10%的福木葉萃取液作為種子浸泡液，浸潤方式皆以前述「種子最佳萌發條件測試」結果做為控制變因，培養後計算各培養皿中種子萌發率，扣除極端值後進行各統計數值(平均值、標準差、t-test)分析。以下列公式計算福木葉草萃取液對各實驗植物種子之萌發抑制率。

$$\text{種子萌發平均抑制率(\%)} = (1 - \text{實驗組平均萌發率} / \text{對照組平均萌發率}) \times 100\%$$

(Yourk Sothearith, 2021)

為了比較福木葉萃取液對實驗作物與大花咸豐草的抑制差別，也為了尋找後續幼苗實驗的測試濃度，選擇福山萵苣與大花咸豐草兩種植物進行「高濃度福木葉萃取液」對其種子萌發的抑制測試，實驗步驟同上述，但分別以 0%(蒸餾水)、2.5%、5%、10%、20%、30%六種不同濃度的福木葉萃取液浸泡福山萵苣與大花咸豐草的種子，培養後計算各培養皿中種子萌發率，並計算各種濃度的福木葉萃取液對福山萵苣與大花咸豐草種子的萌發平均抑制率。

## 五、福木葉萃取液對各實驗植物幼苗生長的影響

### (一)實驗前各種實驗植物幼苗的處理

圓葉 A 菜、福山萵苣、小麥草三種作物分別使用最佳萌發條件，進行種子萌發，發芽後正常培養幼苗兩天，再移植入實驗環境中正常培養(20°C、澆蒸餾水)兩天，使其適應實驗的土壤環境。大花咸豐草也以前述最佳萌發條件，進行種子萌發 6 天，6 天後盡量挑選初生葉未出現或未展開，且初生根長度相近(0.3~0.5cm)的小苗進行移植，於實驗環境中正常培養(20°C、澆蒸餾水)兩天，使其適應實驗的土壤環境。所有植株都須於實驗前先量測及記錄其植株高度。

### (二)四種植物幼苗單獨種植

將上述步驟(一)處理所得之幼苗分成兩組，每天以等量的 10%福木葉萃取液與蒸餾水(0%)澆在植株下方土壤上，並將各植株放置於室溫中全日照培養，7 天後採收，量測實驗前後植株高度差、主根(初生根)長度、支根(不定根)數目，實驗組與對照組各進行 30 個重複，除去極端值後進行各項統計數值分析。

同(一)的方式單獨栽種各種實驗植物，但改採 100~200 棵/盒的方式大盒栽種，種植 12 天後採收，再分別檢測其根系乾重與葉綠素吸光度測定。

進行葉綠素吸光度測定實驗時，先採收植物葉片以清水沖洗、陰乾、秤重，將葉片混合海砂(SiO<sub>2</sub>)一起磨碎成泥狀，加入 3 mL 80%丙酮繼續研磨至漿狀，倒入 10mL 量筒中後，再使用 2~4mL 的 80%丙酮清洗磨鉢中的殘存組織後倒入量筒中，最後將總體積調至 10mL。調整後的液體全部倒入離心管內，以石臘膜封住管口，進行 2500 rpm 離心 10 min 後，取上清液進行葉綠素吸光度(663nm、645 nm)測定。將所測定的吸光值帶入以下公式(王月雲，1996)，得四種實驗植物的總葉綠素含量。

$$\text{總葉綠素含量(Tchl)(mg/gFW)} = [20.2 \times (A_{645}) + 8.02 \times (A_{663})] \times V / (1000 \times W)$$

A<sub>663</sub>：葉綠素抽取液在波長 663 nm 的吸光值

A<sub>645</sub>：葉綠素抽取液在波長 645 nm 的吸光值

V：葉綠素 80%丙酮抽出液的總體積(mL)

W：葉片組織的鮮重量(g)

### (三)大花咸豐草幼苗分別與三種作物混合種植

實驗前各植物幼苗的處理同四、(一)，並將大花咸豐草與作物在同一天移植入同一盒實驗環境中，植入方式為以等數量的三種作物與大花咸豐草間隔約 1 公分排列混種，開始實驗前各組先量測、記錄所有植株之高度。將移植混種好的各盒分成兩組，每天以等量的 10%福木葉萃取液與蒸餾水(0%)澆在植株下方土壤上，將各植株放置於室溫中全日照培養 7 天後採收，量測實驗後植株高度、主根(初生根)長度、支根(不定根)數目，各組除去極端值後進行各項統計數值(平均值、標準差、t-test)分析。

## 六、福木葉萃取液對過氧化氫酶活性之影響

### (一)氣壓偵測裝置製作方法

氣壓偵測裝置製作是參考廖旭茂(2021)在「利用壓力感測器調查雙氧水的催化分解」一文中所提到的概念與方法，並加以改良成適合本實驗所需要的裝置，製作過程是取一個#10 的矽膠塞，矽膠塞上預先鑽 2 個孔，並將兩個魯爾接頭固定於矽膠塞的孔中。兩個魯爾接頭上分別裝置三向閥與氣體壓力感應器(VERNIER LABQUEST-3)的管子，將矽膠塞緊塞在 50 毫升的樣本瓶口，並於三向閥上裝置一 3mL 的針筒，關閉三向閥並開啟氣體壓力感應器後，偵測瓶內氣壓變化 2 分鐘，氣壓值維持穩定用以確定整個裝置內部成為一密閉環境。

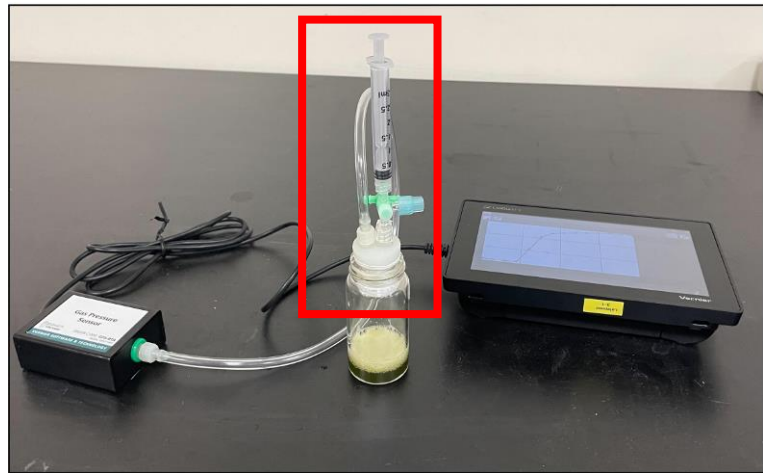
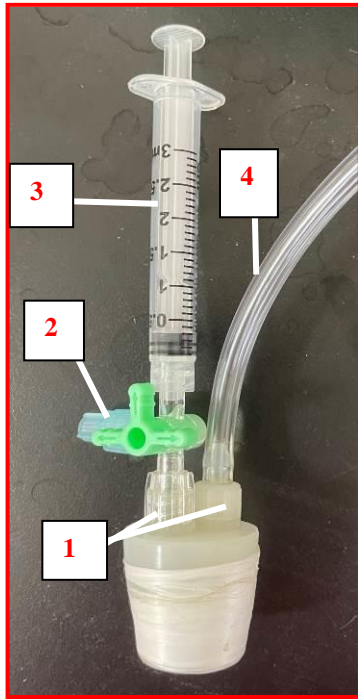


圖 1 氣壓偵測裝置示意圖。右圖中各代號分別為：1 魯爾接頭、2 三向閥、3 針筒、4 氣體壓力感應器接管。

## (二)10%(W/V)福木葉萃取液澆灌後對植株過氧化氫酶活性之影響

採用「四、福木葉萃取液對各實驗植物幼苗生長的影響」實驗中獨種圓葉 A 菜、福山萵苣、小麥草與大花咸豐草的幼苗培育方法，每天以等量的 10%福木葉萃取液與蒸餾水(0%)澆在植株下方土壤上，並將各植株放置於 20°C、全日照培養，12 天後採收葉片。採收的葉片以清水沖洗、陰乾後，秤取重量，再以 1:10 的重量比例加入蒸餾水磨碎或打碎，並以每秒 2500 轉的速度離心 10 分鐘，取上清液，後得圓葉 A 菜、福山萵苣與大花咸豐草酵素萃取液。而小麥草則是過濾後得小麥草酵素萃取液 (Aruna Shahaji Nangare et al, 2016)。

取 1mL 圓葉 A 菜、福山萵苣、小麥草與大花咸豐草酵素萃取液置入 50mL 的樣本瓶中，緊塞矽膠塞後，開啟氣體壓力感應器，偵測瓶內氣壓變化 2 分鐘後，將 1mL 的 3% 過氧化氫溶液以針筒打入樣本瓶中後，持續偵測、每 30 秒讀取一次氣壓值，記錄 7 分鐘內的氣壓值大小。

## 參、研究結果與討論

### 一、研究結果

#### (一)種子最佳萌發條件測試

##### 1.圓葉 A 菜與福山萵苣種子之「浸潤時間長短」與「光照」測試

測試後各組的萌發率如圖 2 與圖 3。由圖 2 中可知，在黑暗條件下，浸潤 30~90 分鐘的處理中，隨著浸潤時間的增加，圓葉 A 菜種子萌發率也隨之提升(p 值皆<0.05)，但 90 分鐘與 120 分鐘兩組的萌發率並無明顯差別(p>0.05)。改成照光處理時，除浸潤 30 分鐘組明顯較低之外，其他三組所差無幾(p 皆>0.05)。同樣的浸潤條件，再將黑暗組與光照組加以相比，結果顯示只有浸潤 30 分鐘組，照光後萌發率有明顯提高的情形(p=0.011<0.05)，浸潤 60、90 或 120 分鐘，有無照光培養，似乎對萌發率影響不大 (p 值皆>0.05)。若要為日後相剋實驗決定種子的最佳萌發條件，我們認為既然照光與否影響不大，為操作方便，日後實驗選擇照光處理，至於浸潤時間，為了能讓後續實驗有較穩定的基礎處理，故選擇浸潤 120 分鐘(平均值最高且標準差最小)照光培養 24 小時為基本處理。

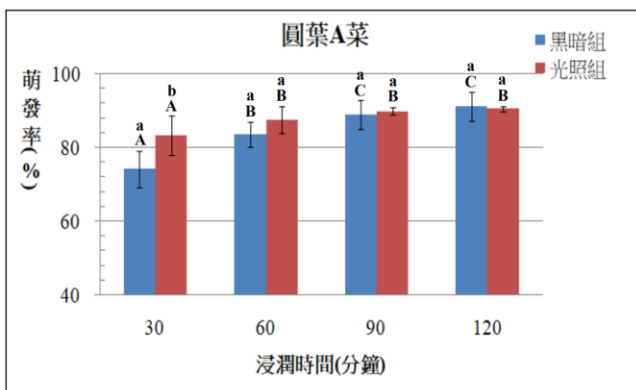


圖 2 不同浸潤時間、照光與否對圓葉 A 菜種子萌發的影響。不同大寫字母表示相同光照處理、不同浸潤時間處理間的顯著性差異，不同小寫字母表示相同浸潤時間、不同光照處理間的顯著性差異(p < 0.05) (n = 5)。

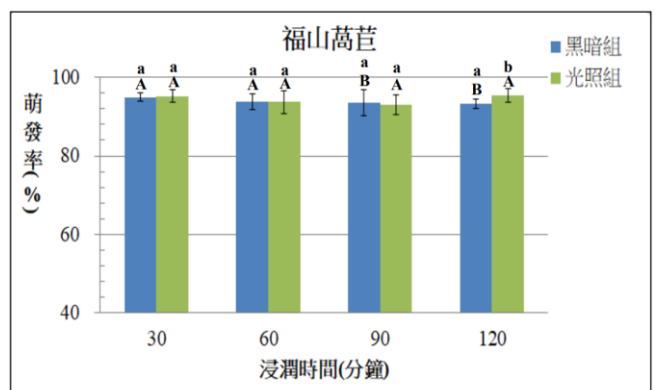


圖 3 不同浸潤時間、照光與否對福山萵苣種子萌發的影響。不同大寫字母表示相同光照處理、不同浸潤時間處理間的顯著性差異，不同小寫字母表示相同浸潤時間、不同光照處理間的顯著性差異(p < 0.05) (n = 5)。

福山萵苣種子浸潤實驗結果顯示，在全黑暗中培養 24 小時的萌發率皆超過 9 成(圖 3)，浸潤 30 分鐘的福山萵苣雖然與浸潤 60 分鐘組沒有顯著差異(p>0.05)，但明顯高於浸潤 90 與 120 分鐘兩組(p 值皆<0.05)，改成照光處理後，則 4 種浸潤時間的萌發率就沒有統計

上的差異存在( $p$  值皆 $>0.05$ )，再者，文獻中所提到的「光線會促進萵苣種子萌發」的現象(陳俊宏等人，2020)，也是只有在浸潤 120 分鐘組中得到驗證。綜合上述，日後進行相剋實驗時，基礎處理將選擇浸潤時間較短的「30 分鐘」、之後進行全日照培養 24 小時。

## 2.小麥草種子萌發測試：

測試後各組的萌發率如圖 4 所示。結果發現，黑暗組中以浸潤 4 小時的萌發率最高，但不管浸潤時間長短，光照組的各組萌發率都極明顯高於黑暗組( $p$  皆 $<0.001$ )，由此可知光線能促進小麥草種子的萌發。只要有照光刺激，不管浸潤 2、4、6、8 小時後萌發率皆無差異性存在( $p$  皆 $>0.05$ )，但因考慮光照組浸潤 2 小時處理的萌發率標準差大於浸潤 4 小時組的標準差，故往後的相剋實驗決定皆以照光、浸潤 4 小時、培養 24 小時作為小麥草種子萌發的控制變因。

## 3.大花咸豐草種子萌發測試：

使用 3、4、5mL 三種不同水量，利用濾紙保濕進行大花咸豐草種子萌發，結果發現 3mL 組與 4mL 組的大花咸豐草平均發芽率並無明顯差異( $p>0.05$ )(圖 5)，而 5mL 組的萌發率明顯低於另外兩組( $p$  皆 $<0.05$ )，雖然使用 3mL 與 4mL 的浸潤水量對萌發率沒有差別，但考慮必須持續培養六天，且浸潤實驗時 3mL 組會有少部分濾紙過乾的情形，故往後的相剋實驗決定皆以照光、浸潤水量 4mL、培養六天作為大花咸豐草種子萌發的控制變因。

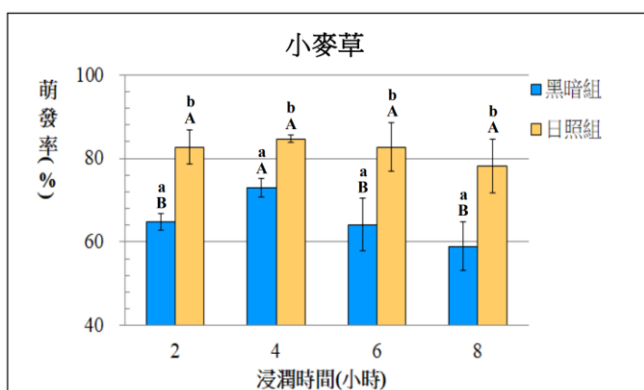


圖 4 不同浸潤時間與照光與否對小麥草種子萌發的影響。不同大寫字母表示相同光照處理、不同浸潤時間處理間的顯著性差異( $p < 0.05$ ) ( $n=7$ )。

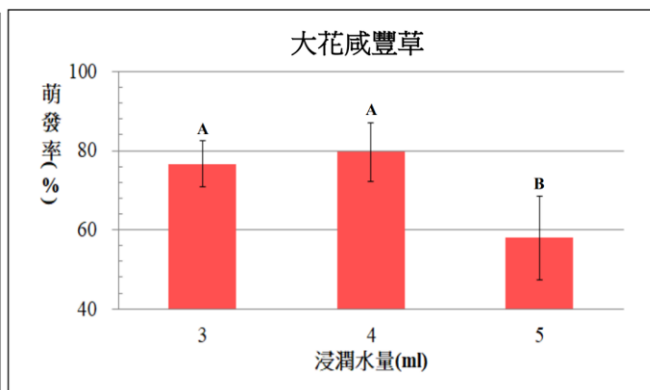


圖 5 不同浸潤水量對大花咸豐草種子萌發的影響。不同字母表示不同浸潤水量處理間的顯著性差異 ( $p < 0.05$ )( $n=4$ )。

## (二)福木葉萃取液對實驗植物種子萌發之相剋作用實驗

使用 2.5%、5%、10%福木葉萃取液，依各實驗植物的最佳浸潤條件浸泡後進行培養，所得之萌發率如圖 6~圖 9，分別探討福木葉萃取液對各實驗植物種子萌發的影響。

### 1.以福木葉萃取液處理圓葉 A 菜、福山萵苣、小麥草與大花咸豐草種子後的萌發結果

#### (1)圓葉 A 菜組

2.5%、5%、10%三種福木葉萃取液對圓葉 A 菜種子萌發都有極為顯著的抑制效果，與對照組相比 t-test 分析 p 值皆 $<0.001$ (圖 6)，不同濃度的萃取液相比可發現 2.5%與 5%的抑制能力無差異性存在(p 值 $>0.05$ )，若想要看到更強的抑制效果，則必須將福木葉萃取液提高濃度到 10%情況下才能看到(10%組分別與 2.5%、5%相比，t-test 分析 p 值皆 $<0.001$ )。

#### (2)福山萵苣組

雖然使用福木葉萃取液浸泡福山萵苣種子後，各組萌發率仍有 70%以上，但與對照組相比，三種福木葉萃取液對福山萵苣種子萌發都具有明顯的抑制效果(t-test 分析 p $<0.05$  與 p $<0.01$ ) (圖 7)，且實驗發現，隨著萃取液濃度的增加，抑制的效果會越好(p 皆 $<0.05$ )。

#### (3)小麥草組

以 2.5%、5%、10%福木葉萃取液進行處理的各實驗組萌發率分別與對照組進行 t-test 分析，結果發現 p 值為 p $<0.05$  與 p $<0.001$ ，顯示此三種濃度的萃取液皆能有效的抑制小麥草種子萌發。2.5%與 5%萃取液抑制能力差不多(p 值 $>0.05$ )，但 10%萃取液抑制效果明顯好很多(t-test 分析 p 值皆 $<0.001$ )(圖 8)。故福木葉萃取液對小麥草種子萌發抑制趨勢與圓葉 A 菜相似，三種濃度雖都有抑制效果，但只有在濃度夠高(10%)的情況下，抑制效果才會有更明顯的差距。

#### (4)大花咸豐草組

結果顯示 2.5%、5%、10%福木葉萃取液處理後，大花咸豐草種子的萌發率都明顯低於對照組(水)，t-test 分析後各組間的 p 值皆 $<0.05$ (圖 9)，顯示此三種濃度的福木葉萃取液確實都能有效抑制大花咸豐草種子的萌發，且以 10%福木葉萃取液對大花咸豐草種子萌發的抑制效果最好，因此接下來幼苗生長之相剋作用實驗，我們選定的福木葉萃取液濃度即為 0%(水)與 10%，想進一步探討 10%福木葉萃取液對各實驗植物的幼苗生長是否也具有抑制作用存在。

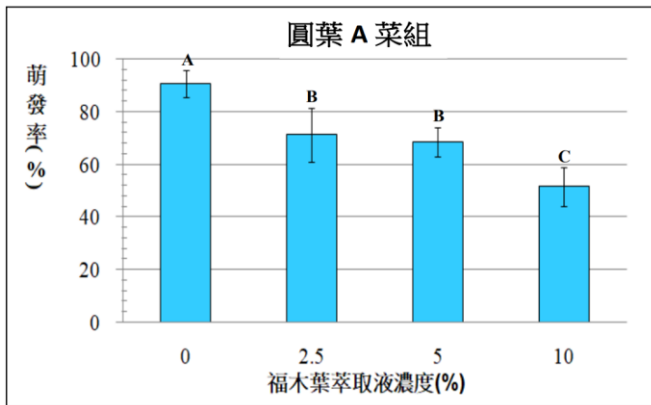


圖 6 不同濃度之福木葉萃取液對圓葉 A 菜種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異(p < 0.05) (n= 7)

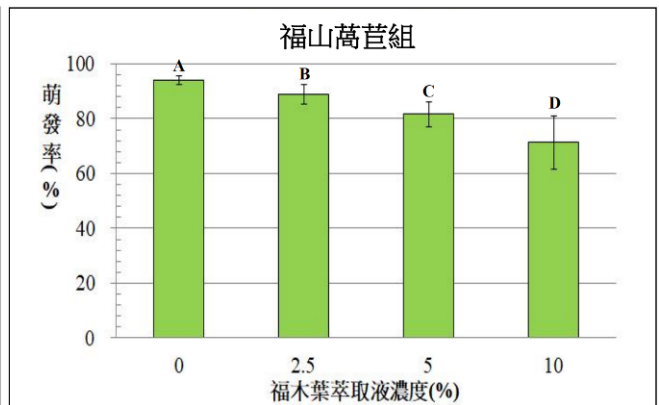


圖 7 不同濃度之福木葉萃取液對福山萵苣種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異 (p < 0.05) (n= 7)

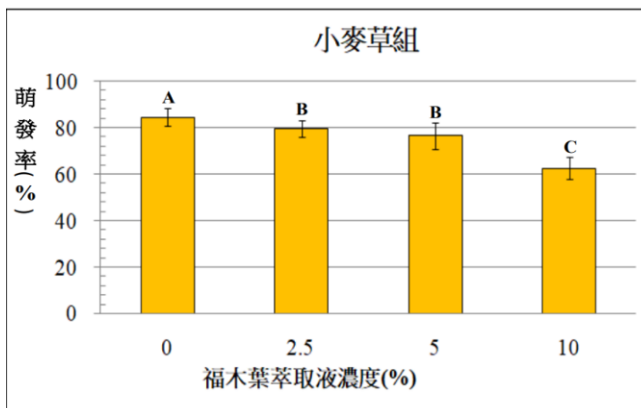


圖 8 不同濃度之福木葉萃取液對小麥草種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理處理間的顯著性差異 (p < 0.05)(n= 5)

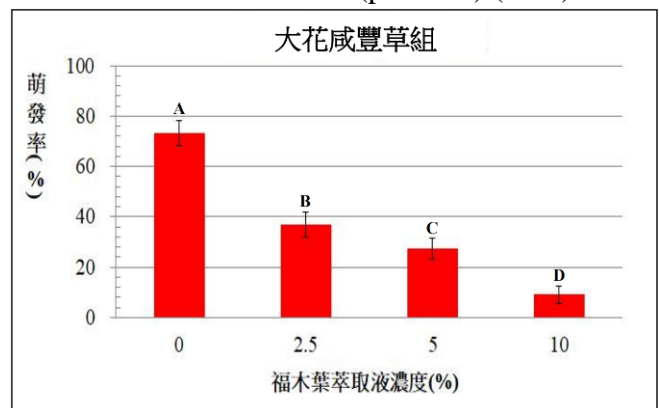


圖 9 不同濃度之福木葉萃取液對大花咸豐草種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理處理間的顯著性差異(p < 0.05)(n= 6)

## 2.種子萌發抑制率計算

本實驗的計算公式如下：

$$\text{種子萌發平均抑制率(\%)} = (1 - \text{實驗組平均萌發率} / \text{對照組平均萌發率}) \times 100\%$$

(Yourk Sothearith, 2021)

將各實驗植物種子萌發結果帶入上述公式中，計算福木葉萃取液處理種子後對種子萌發的平均抑制率，計算結果如圖 10 所示，結合圖 6、7、8、9 與圖 10 的分析，可發現四種實驗植物種子萌發都會受到福木葉萃取液的抑制，抑制效果會隨著福木葉萃取液濃度由 5% 上升到 10% 而增加，若比較四種實驗植物種子萌發受到的抑制情形，則大花咸豐草被抑制的最為明顯，僅 2.5% 的福木葉萃取液對大花咸豐草種子萌發的抑制即達約 50% 的程度，小麥草與福山萵苣的種子受到的抑制則較輕。



### 3.針對福山萵苣與大花咸豐草種子進行更高濃度萃取液的抑制實驗

為了比較福木葉萃取液對實驗作物與大花咸豐草的抑制效果，並尋找後續幼苗實驗的測試濃度，我們選擇福山萵苣與大花咸豐草兩種植物進行「高濃度福木葉萃取液」對其種子萌發的抑制測試，想試圖找出  $I_{50}$ (concentration required for 50% inhibition)的福木葉萃取液濃度。

結果顯示(圖 11) 原本對福木葉萃取液不太敏感的福山萵苣，在 20%與 30%的福木葉萃取液浸泡後，種子萌發受到非常明顯的抑制，抑制率都可達九成以上，推算福山萵苣  $I_{50}$  的福木葉萃取液濃度約為 13.65%。大花咸豐草部分， $I_{50}$  的福木葉萃取液濃度約為 2.5%，若使用 20%、30%的福木葉萃取液浸泡大花咸豐草種子，則萌發的抑制率高達 100%。

綜合以上結果，我們認為若要進一步探討福木葉萃取液對實驗植物幼苗生長的影響，以 10%是較適合的濃度，因 10%的福木葉萃取液對作物種子影響不大，但已能很顯著的抑制住大花咸豐草的種子萌發，若將所要探討的濃度增高超過 10%，很可能會對我們的實驗作物與大花咸豐草都有極大的抑制效果。

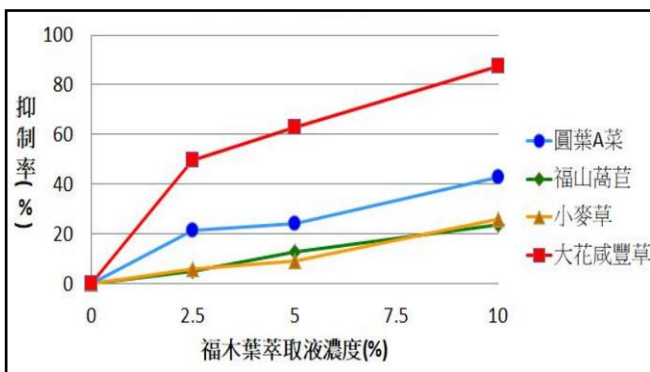


圖 10 福木葉萃取液對四種植物種子萌發的抑制情形。

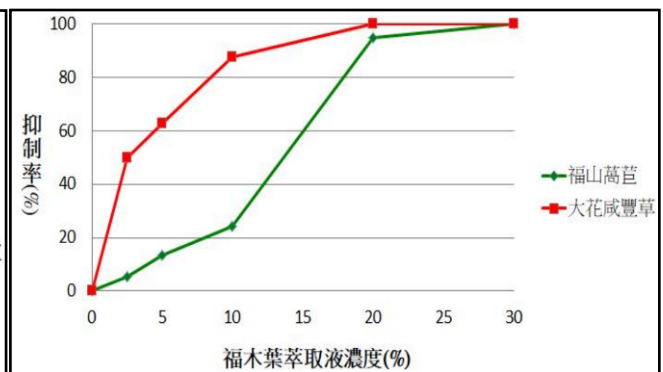


圖 11 高濃度福木葉萃取液對福山萵苣與大花咸豐草種子萌發的抑制情形。

### (三)福木葉萃取液對各實驗植物幼苗生長之相剋作用實驗

#### 1.福木葉萃取液對圓葉 A 菜幼苗生長的影響

大花咸豐草與圓葉 A 菜混種用以模擬農田中兩者競爭生長的情形。使用水與 10%福木葉萃取液分別處理單獨種植組與混種組，根據圖 12~16 的結果可知，與對照組相比，單獨種植的圓葉 A 菜總葉綠素含量(圖 12)、主根生長(圖 15)會受到 10%福木葉萃取液的抑制 ( $p$  值皆 $<0.05$ )。若與大花咸豐草混種後又以 10%福木葉萃取液處理，與「單獨種植、以水處理」的植株相比，植株( $p<0.001$ )與主根的生長( $p<0.05$ )都會受到抑制，但植株高度會高於與「混種、以水處理」的植株( $p<0.05$ ) (圖 14)。與大花咸豐草混種，即便只是以水培



養，圓葉 A 菜的植株(圖 14)、主根(圖 15)與支根(圖 16)的生長都不如以水培養的單獨種植植株(p 值皆<0.05)。由此可知，對圓葉 A 菜而言，與大花咸豐草混種競爭生長的影響大於 10%福木葉萃取液的影响。

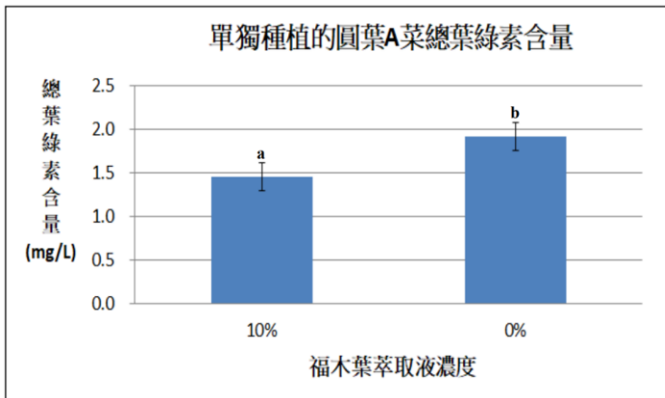


圖 12 福木葉萃取液處理對圓葉 A 菜總葉綠素含量的影響。不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05)(n=600)

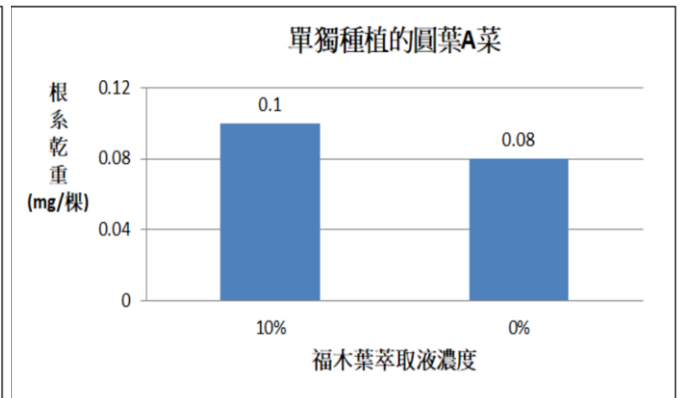


圖 13 福木葉萃取液處理對圓葉 A 菜根系乾重的影響。(n=600)

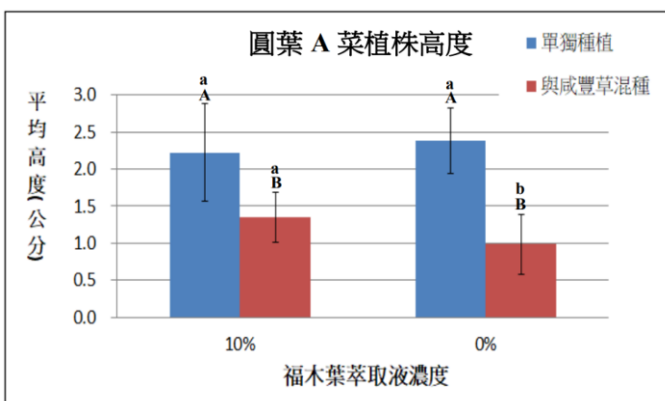


圖 14 福木葉萃取液對圓葉 A 菜植株生長的影响。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05)(獨種 n=26；混種：n=18)

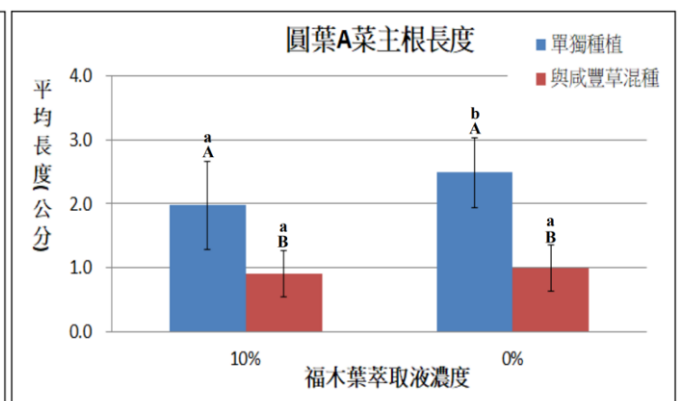


圖 15 福木葉萃取液對圓葉 A 菜主根生長的影响。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05)(獨種 n=26；混種：n=18)

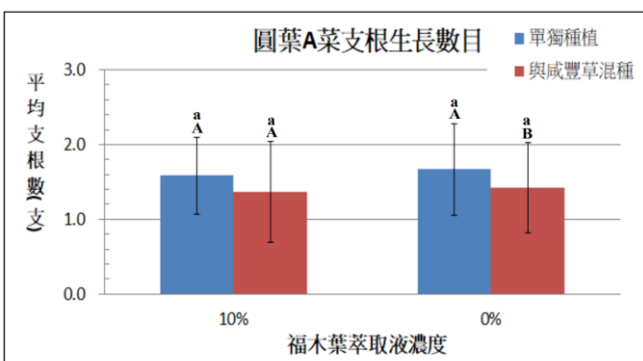


圖 16 福木葉萃取液對圓葉 A 菜支根生長的影响。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05)(獨種 n=26；混種：n=18)

## 2. 福木葉萃取液對福山萵苣幼苗生長的影響

根據圖 17~21 的結果顯示，福山萵苣與圓葉 A 菜相似。與單獨種植之對照組相比，與大花咸豐草混種，即便只是用水培養，福山萵苣的植株 (圖 19) 與主根(圖 20)生長都會受到抑制( $p$  值皆 $<0.05$ )。混種後以 10%福木葉萃取液處理，再與單獨種植之對照組相比，植株( $p<0.05$ )與主根的生長( $p<0.0001$ )皆受到抑制，但與「混種後、以水處理」相比並無顯著差異。單獨種植時使用福木萃取液，只有主根生長會受到抑制( $p<0.05$ ) (圖 20)。可見對福山萵苣的幼苗而言，與大花咸豐草混種競爭的影響大於 10%福木葉萃取液對它的影響。

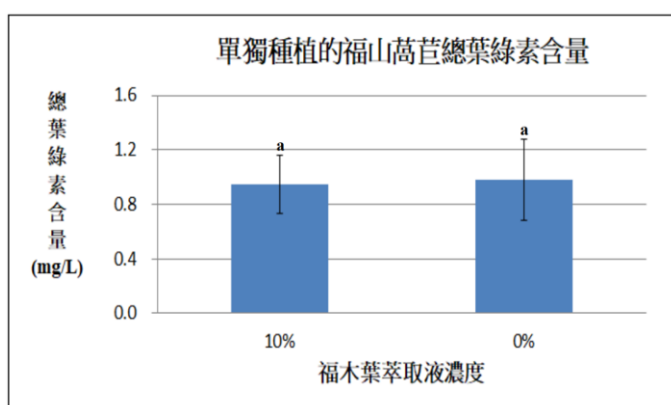


圖 17 福木葉萃取液處理對福山萵苣總葉綠素含量的影響。不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(  $p < 0.05$ ) (n=600)

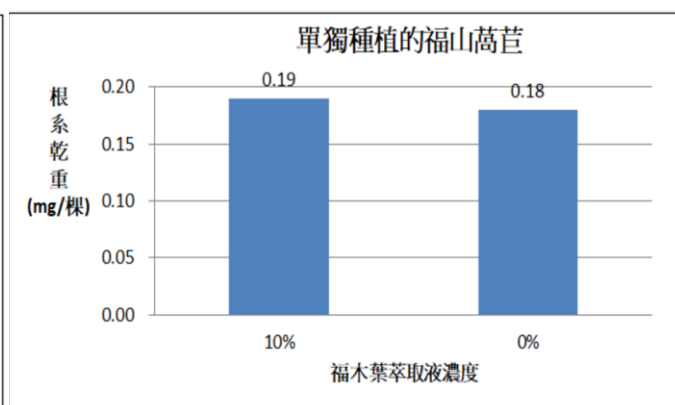


圖 18 福木葉萃取液處理對福山萵苣根系乾種的影響。(n=600)

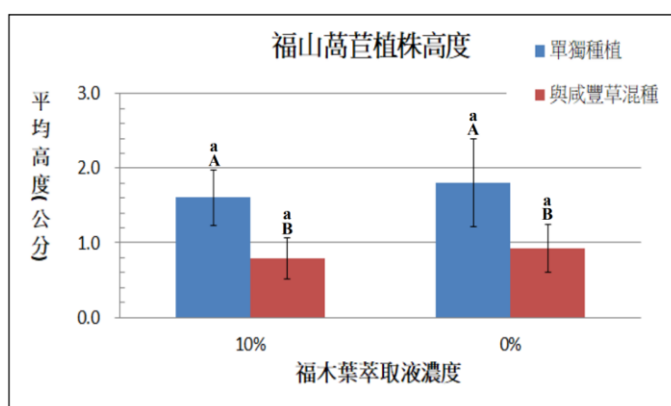


圖 19 福木葉萃取液對福山萵苣植株生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(  $p < 0.05$ )(獨種 n=26；混種：n=18)

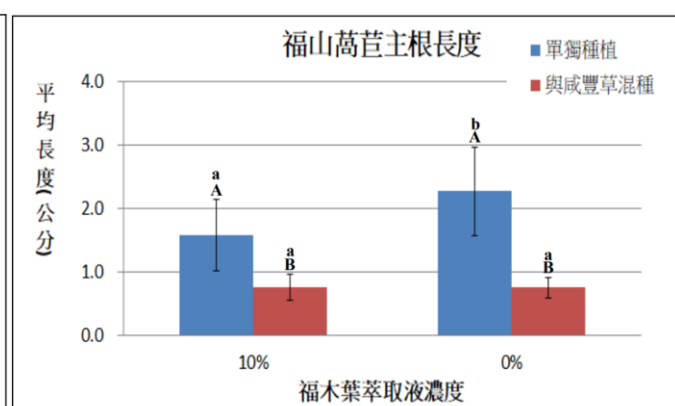


圖 20 福木葉萃取液對福山萵苣主根生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(  $p < 0.05$ )(獨種 n=26；混種：n=18)

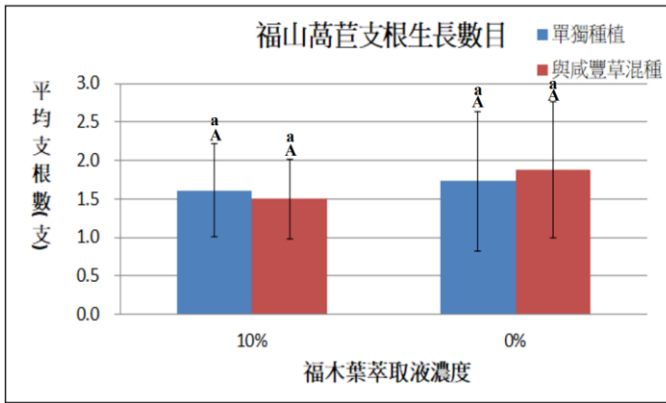


圖 21 福木葉萃取液對福山萵苣支根生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05)(獨種 n=26；混種：n=18)

### 3. 福木葉萃取液對小麥草幼苗生長的影響

10% 福木葉萃取液對小麥草幼苗的影響與萵苣組有著截然不同的結果。小麥草幼苗單獨種植，分別使用 10% 福木葉萃取液與水(0%)澆灌，對其總葉綠素含量雖然沒有顯著差異(圖 22)，但植株高度(圖 25)、不定根的長度(圖 26)與不定根數量(圖 27)都會受到明顯的抑制(p 值皆<0.05)。根系乾重(圖 23)的數據因為是將全部採收的植株一起測定再計算平均植(mg/棵)，所以無法進行(t-test)差異性分析，但實驗組根系乾重(圖 23)與根系生長的情形(圖 24)明顯比對照組好。綜上所述，10% 福木葉萃取液對單獨種植的小麥草有明顯的抑制效果。

若將小麥草與大花咸豐草混種，模擬兩者的競爭生長，比較使用 10% 福木葉萃取液與(0%)對照組的差別，可發現使用 10% 福木葉萃取液的植株反而長得比更好(p<0.05)(圖 25)，若是與單獨種植的對照組相比，不定根生長數量也明顯多於單獨種之對照組。根據上述結果，我們發現小麥草與大花咸豐草競爭生長時，對小麥草的影響不大，甚至混種的情形下使用 10% 福木葉萃取液對小麥草幼苗還有促進生長的效果。

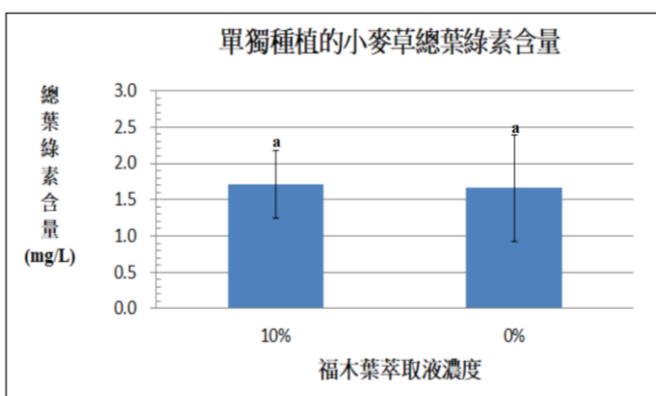


圖 22 福木葉萃取液處理對小麥草總葉綠素含量的影響。不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05) (n=300)

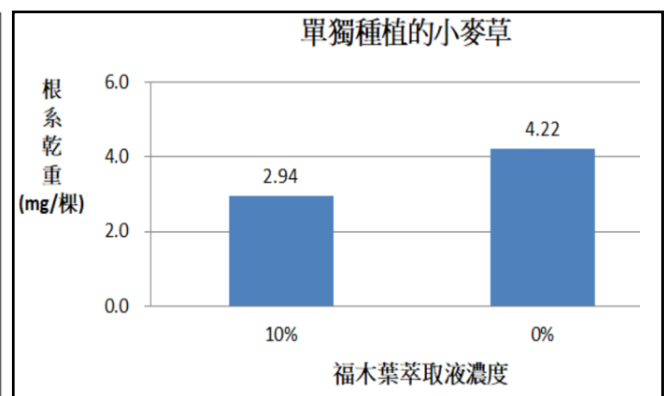


圖 23 福木葉萃取液處理對小麥草根系乾重的影響。(n=300)



圖 24 使用 10%福木葉萃取液與水(0%)澆灌後，小麥草根系生長情形。

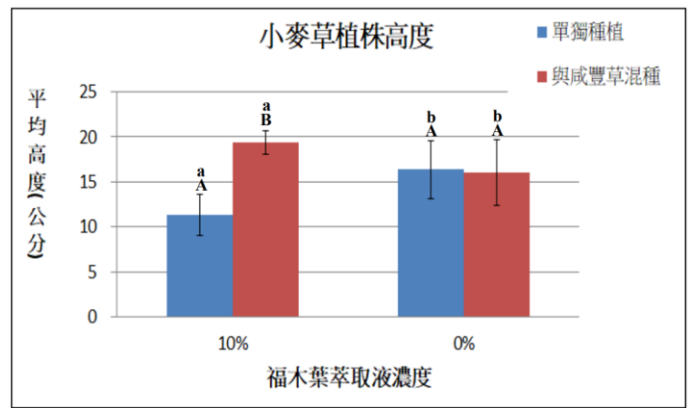


圖 25 福木葉萃取液對小麥草植株生長的影响。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05, 獨種 n=26；混種：n=18)

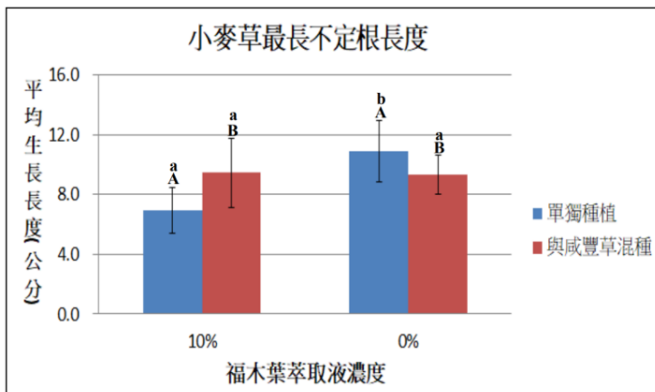


圖 26 福木葉萃取液對小麥草不定根長度生長的影响。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05)(獨種 n=26；混種：n=18)

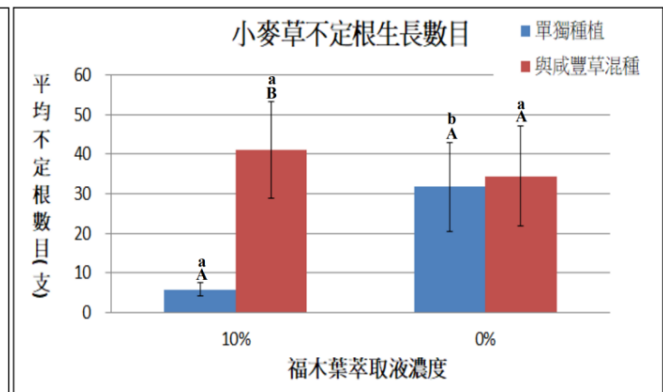


圖 27 福木葉萃取液對小麥草不定根生長的數目影响。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05)(獨種 n=26；混種：n=18)

#### 4.福木葉萃取液對大花咸豐草幼苗生長的影响

大花咸豐草幼苗生長實驗與前述三種作物的實驗分析方式相同，結果如圖 28~圖 32 所示。結果發現若是使用水(0%)澆灌培養，混種組的植株高度(圖 30)與主根生長(圖 31)都明顯不如單獨栽種組。使用 10%福木葉萃取液組中混種組的植株高度(圖 30)與主根生長所受到的抑制情形也是比單獨種植的植株嚴重(圖 31)，支根數目則都是與作物混種的大花咸

豐草支根數目多於單獨栽種的大花咸豐草(圖 32)，其中又以與圓葉 A 菜混種的大花咸豐草支根數目為最多(圖 32)。若是只比較單獨種植時使用兩種不同澆灌處理之差別，大花咸豐草幼苗的植株高度與支根數目都會受到 10%福木葉萃取液的影響，而主根生長情形則無顯著差異( $p>0.05$ )。

若是要探討大花咸豐草與哪種作物混種受到 10%福木葉萃取液影響是否能從中得利，圖 28~圖 32 中可發現與圓葉 A 菜混種時，大花咸豐草的主根生長會得利(圖 31)；與福山萵苣混種時大花咸豐草的植株生長會得利(圖 30)，與小麥草混種時，大花咸豐草的植株生長則是會受到更大的抑制(圖 30)。

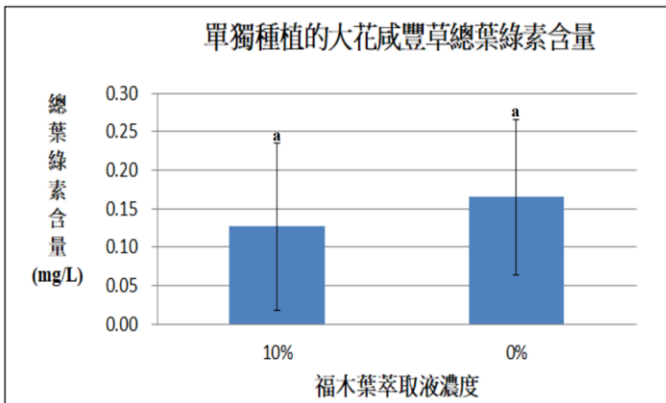


圖 28 福木葉萃取液處理對大花咸豐草總葉綠素含量的影響。不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05) (n=300)

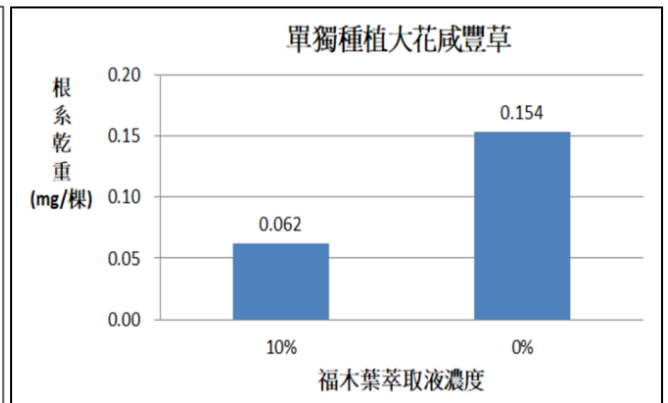


圖 29 福木葉萃取液處理對大花咸豐草根系乾重的影響。(n=300)

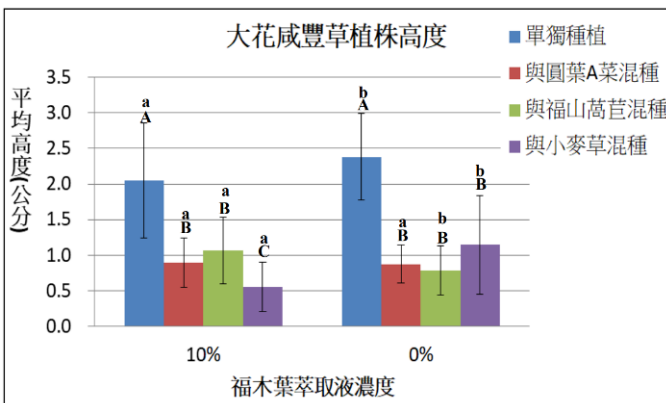


圖 30 福木葉萃取液對各種不同種植方式的大花咸豐草植株生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05)(獨種 n=26；混種：n=18)

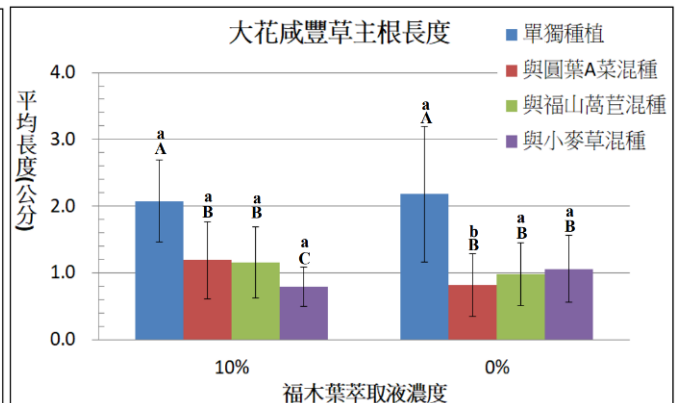


圖 31 福木葉萃取液對各種不同種植方式的大花咸豐草主根生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05)(獨種 n=26；混種：n=18)



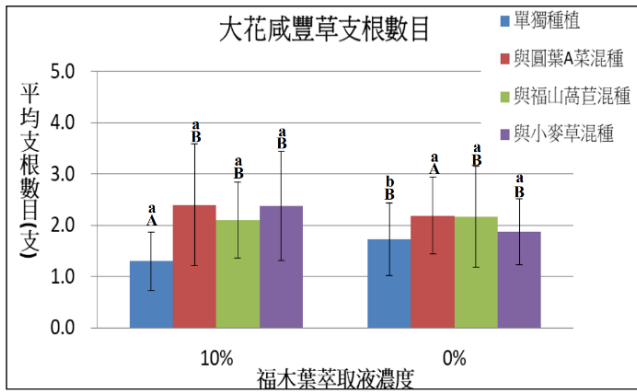


圖 32 福木葉萃取液對各種不同種植方式的大花咸豐草支根數目的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異。(p < 0.05) (獨種 n=26；混種：n=18)

#### (四)福木葉萃取液對植株過氧化氫酶活性之影響

因文獻指出福木的木材中有多種氧雜蒽酮(xanthones) (Hiroyuki Minami et al,1996)，且 Aruna Shahaji Nangare 等人的研究中則指出氧雜蒽酮(xanthones)會透過影響過氧化氫酶(catalase)、過氧化物酶(oxidase)和多酚氧化酶(polyphenol oxidase)等酵素之活性來進行相剋作用(Aruna Shahaji Nangare et al,2016)，所以我們想進一步探討我們的福木葉萃取液是否也會影響實驗植物的過氧化氫酶活性。

我們分別單獨種植圓葉 A 菜、福山萵苣、小麥草與大花咸豐草，實驗組每天以 10%福木葉萃取液進行澆灌，對照組則使用蒸餾水，12 天後採摘葉子進行雙氧水的催化分解反應測定，以反應後所增加的氣壓值來代表過氧化氫酶活性，結果發現以 10%福木葉萃取液澆灌 12 天的圓葉 A 菜、福山萵苣、小麥草，其過氧化氫酶活性與以水澆灌的對照組並無統計分析上的顯著差異(p 值>0.05)(圖 33~35)，但同樣澆灌 12 天後，以 10%福木葉萃取液處理的大花咸豐草之過氧化氫酶活性比以水處理的大花咸豐草來的更好(p 值<0.05)(圖 36)，由此可知 10%福木葉萃取液對植株過氧化氫酶活性的影響會有植物種別性差異。

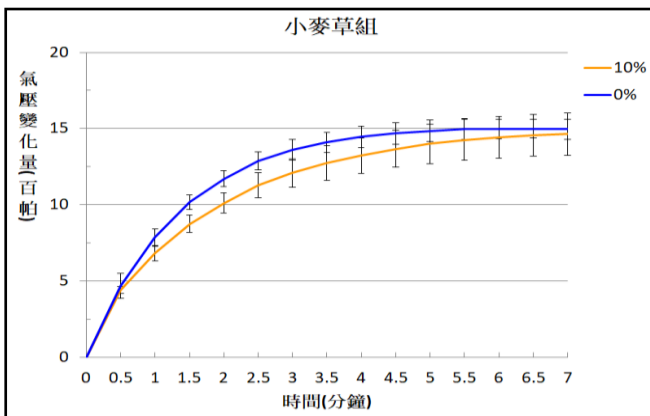


圖 33 10%福木葉萃取液對圓葉 A 菜過氧化氫酶活性之影響(p > 0.05, n=5)。

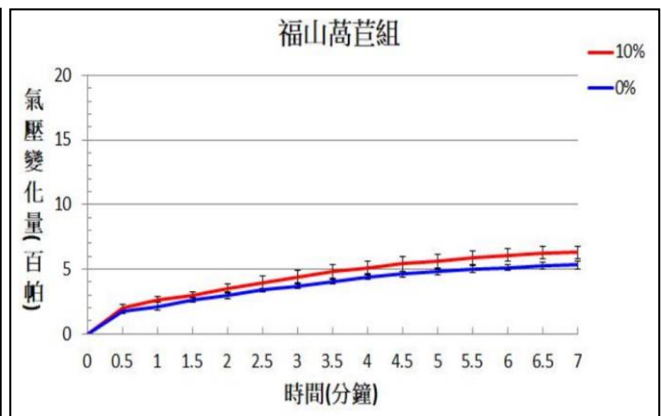


圖 34 10%福木葉萃取液對福山萵苣過氧化氫酶活性之影響(p > 0.05, n=5)。

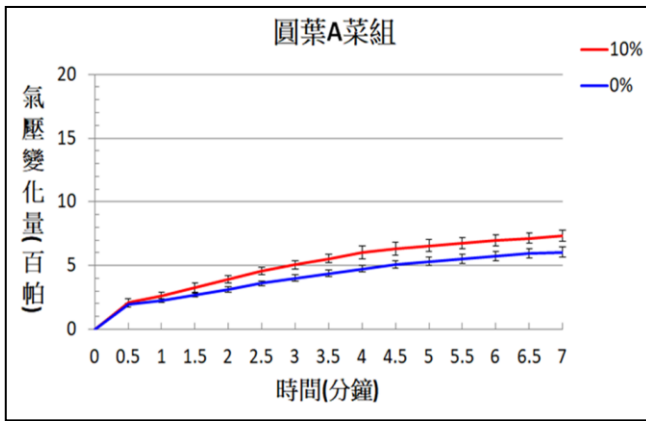


圖 35 福木葉萃取液對小麥草過氧化氫酶活性之影響( $p > 0.05$ ,  $n=5$ )

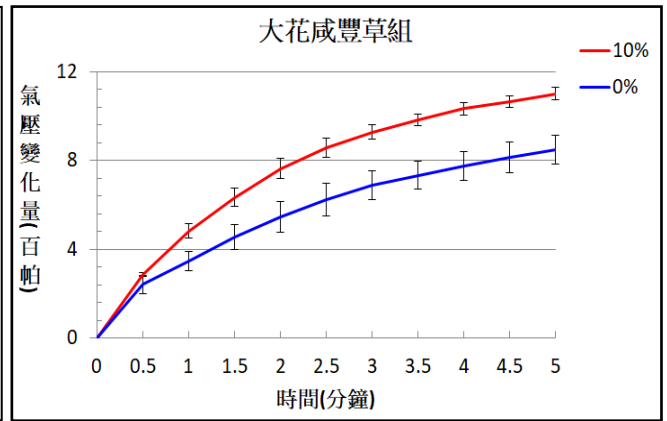


圖 36 福木葉萃取液對大花咸豐草過氧化氫酶活性之影響( $p < 0.05$ ,  $n=5$ )

## 二、討論

### (一)種子最佳萌發條件測試實驗

影響種子萌發的外在因素有水分、溫度、氧氣與光照等因素，其中水最為重要(陳俊宏等人，2020)，種子可依「吸潤作用」速度可分為迅速吸水型與延遲吸水型兩種，吸潤作用時吸水要先達到一定的水準才能萌發，要多少水才夠也是因植物而異(郭華仁，2015)。

由實驗結果可知屬於同種植物不同品系的圓葉 A 菜、福山萵苣浸泡一樣的水量，黑暗條件下，福山萵苣僅花費 30 分鐘即能有九成以上( $94.95 \pm 1.05\%$ )的萌發率，若想要與福山萵苣有一樣好的萌發率，圓葉 A 菜則需花費 4 倍的時間來進行「吸潤作用」。小麥草所需的時間又比萵苣更久，故若想更快速地獲得較高發芽率，應再找尋其他有助萌發的外在因素幫忙。

高三生物課本中提到，光敏素 Pr 吸收紅光後會轉成 Pfr，Pfr 可促進萵苣種子萌發(陳俊宏等人，2020)，但我們發現，福山萵苣只要水分供應適當，不管有無光線刺激都可以有九成以上的萌發率(圖 3)，可見水分條件比光照條件更為重要，往後若要進一步進行光線對萵苣類種子萌發的影響實驗，應先選擇低萌發率水量條件，再給予光照測試，才易看出光照對萵苣類主要的影響為何，且同為萵苣不同品種(圓葉 A 菜與福山萵苣)也可能會有不同的光反應(郭華仁，2015；江怡睿，2002)。小麥草種子實驗比兩種萵苣種子的反應更能驗證「光線促進種子萌發」的現象。不管浸潤 2、4、6、8 小時，只要是同樣浸潤時間，培養 24 小時後，光照組的小麥草種子萌發率都遠高於黑暗組，由此可知小麥草也算是喜光性植物。

綜合以上所述，在進行測試實驗之前，找出影響每一種植物種子的水量、光照等最佳萌發條件非常重要，即便是同種的不同品系也可能會有不同的需求。

## (二)福木葉萃取液對種子萌發之相剋情形

福木屬於藤黃屬(*Garcinia*)植物，富含二苯甲酮類化合物(Benzophenones)、雙黃酮類化合物(Biflavonoids)及山酮類化合物(Xanthonoids) (楊穎浩、許富蘭、張資正，2020)，其果肉與花主要含有 taraxerol 三萜類物質、三萜香豆酸酯類化合物、黃酮類化合物等(郭曜豪，2008) 而萜類是次於酚類的第二大相剋物質(陳奕竹，2011)。本研究使用福木葉萃取液處理圓葉 A 菜、福山萵苣與小麥草三種作物種子，實驗結果證實 2.5%、5%與 10%的福木葉萃取液都能抑制這三種植物種子的萌發，若是以福木葉萃取液處理大花咸豐草種子，則其抑制效果比抑制三種作物更為明顯。故針對四種實驗植物，在種子的測試部分，福木葉萃取液 2.5%即具有顯著的抑制萌發效果，不同濃度對不同作物的影響不同，但 10%福木葉萃取液對大花咸豐草種子萌發有極佳的抑制效果。

## (三)以針對四種實驗植物為例，進行 10%福木葉萃取液對實驗植物幼苗生長的影響之評估

### 1.10%福木葉萃取液對各實驗植物幼苗生長的影響之統整

我們將 10%福木葉萃取液對各實驗植物幼苗生長影響的研究結果統整成表一與表二。

根據表一我們發現福木葉萃取液對三種作物與不同部位的影響不同。Khanh 等人研究發現，於稻田中使用大花咸豐草殘株可有效降低雜草的族群密度達 80%，但卻可促進稻米的穀粒產量達 20%，推測稻米的生長促進與產量增加可能是大花咸豐草的化感物質所造成(Khanh et al, 2009)。Hsiao-Mei Hsu 等人的研究發現大花咸豐草根、莖與葉萃取液對鬼針草(*B. bipinnata*)幼苗整體的生長並沒明顯影響，但卻顯著促進白花霍香薊 (*Ageratum conyzoides*)胚根和胚莖的長度，大花咸豐草莖與葉萃取液對同種大花咸豐草幼苗會促進下胚軸的生長但卻會抑制胚根的生長(Hsiao-Mei Hsu et al, 2009)。因此，我們推測福木的化感物質對不同植物亦具有不同程度的促進或抑制效果，甚至對相同植物的不同部位也具有不同的效果。Waseem Mushtaq 等人指出，向日葵(*Helianthus annuus L.*)釋出的化感物質可抑制小麥(*Triticum aestivum L.*)植株與根系的生長，並有效降低小麥的總葉綠素含量(Waseem Mushtaq et al, 2020)。因此，我們推測福木的化感物質可降低圓葉 A 菜總葉綠素含量。

表一 三種作物幼苗受 10%福木葉萃取液影響之比較(以實驗植物單獨種植(0%)為基準)

作物種類	圓葉 A 菜			福山萵苣			小麥草		
	單獨(10%)	混種(10%)	混種(0%)	單獨(10%)	混種(10%)	混種(0%)	單獨(10%)	混種(10%)	混種(0%)
植株生長	△	×	×	△	×	×	×	○	△
主根(不定根)長度	×	×	×	×	×	×	×	×	×
支根(不定根)數量	△	△	△	△	△	△	×	○	△

(○代表有促進效果、△代表無顯著差異、×代表有抑制現象)



表二 大花咸豐草幼苗受 10%福木葉萃取液影響之比較(以實驗植物單獨種植(0%)為基準)

種植方式	單獨種植	與圓葉 A 菜混種		與福山萵苣混種		與小麥草混種	
	(10%)	混種(10%)	混種(0%)	混種(10%)	混種(0%)	混種(10%)	混種(0%)
植株生長	×	×	×	×	×	×	×
主根(不定根)長度	△	×	×	×	×	×	×
支根(不定根)數量	×	○	○	△	△	△	△

(○代表有促進效果、△代表無顯著差異、×代表有抑制現象)

根據表一、表二中單獨種植與混種之實驗結果，我們推測：

- (1) 福木對圓葉 A 菜之相剋作用 < 相剋作用+競爭 < 大花咸豐草與圓葉 A 菜之競爭
- (2) 福木對福山萵苣之相剋作用 < 相剋作用+競爭 = 大花咸豐草與福山萵苣之競爭
- (3) 相剋作用+競爭 < 大花咸豐草與小麥草之競爭 < 福木對小麥草之相剋作用

Catherine Fernandez 等人的於地中海森林中研究地中海松(*Pinus halepensis*)與毛櫟(*Quercus pubescens*)間之植物相剋作用與物種間的競爭。他們以地中海松的針葉萃取物作用於毛櫟來模擬相剋作用，以兩者混合種植造成兩者對生存資源的競爭，最後混合種植的過程中再澆淋地中海松的針葉萃取物於毛櫟來模擬相剋作用加成競爭作用。結果顯示，相剋作用 < 競爭 < 相剋作用+競爭，Fernandez 等人推測地中海松與毛櫟會根據外來的干擾物質(如化感物質)與原本固有的防禦機制進行生理權衡，進而調整它們的代謝機制，導致結果呈現植株生長或產生防禦性代謝物(Catherine Fernandez et al, 2016)。二種萵苣的實驗結果與 Catherine Fernandez 等人不同，小麥草更呈現相反的實驗結果，我們推測大花咸豐草分泌化感物質引起相剋作用，應該也是其競爭策略之一，而大花咸豐草分泌的化感物質與福木葉萃取液中的化感物質可能具有化學性的拮抗效果或具有其他交互作用，因此對作物有不同的生長影響。

植物相剋作用的生理機轉常見的有(1)影響細胞膜功能(2)抑制粒線體的電子傳遞從而影響植物的呼吸作用(3)影響酶的活性與功能，進而影響各種生理、生化代謝反應(4)促進或抑制受體的激素代謝等(袁秋英，2016)。

## 2.福木葉萃取液對植株過氧化氫酶活性之影響

本實驗中我們針對植株過氧化氫酶(catalase)活性變化加以探討。研究結果顯示，圓葉 A 菜與福山萵苣之過氧化氫酶活性較小麥草與大花咸豐草低，顯現過氧化氫酶活性有植物種別性的差異。實驗進一步發現，10% 福木葉萃取液對三種作物植株之過氧化氫酶活性無顯著影響，但卻會促進大花咸豐草植株中之過氧化氫酶活性。綜合酵素活性與植株生

長的數據，我們的研究顯示福木葉萃取液 (10%) 抑制大花咸豐草的生長，且促進植株中過氧化氫酶活性，但對作物的生長與其過氧化氫酶活性則無顯著影響。目前，由我們的實驗結果無法得知大花咸豐草的過氧化氫酶的活性變化和福木葉萃取液的相剋作用機轉是否有直接相關。根據文獻，我們作了以下的推論。

過氧化氫(hydrogen peroxide,  $H_2O_2$ ) 是生物體內重要的活性氧類 (Reactive oxygen species, ROS)，可透過氧化作用造成細胞生理功能異常，甚至造成細胞死亡。但在另一方面，也有大量的研究顯示在適當劑量下過氧化氫亦可扮演細胞中訊息分子的角色 (Lennicke et al, 2021)。

植物利用化感物質 (allelo-chemicals) 來達到相剋作用。相關研究顯示，化感物質可藉由抑制降解活性氧類的相關酵素之活性，以造成 ROS (例如  $H_2O_2$ ) 之累積 (Mardani et al, 2019)。但是另一方面，Nangar (2016)等人的研究中指出雖然化感物質可促進活性氧類產生，但是活性氧類會進一步提高過氧化物酶 (peroxidase) 的活性，從而降解活性氧類，以幫助植物度過相剋作用造成的逆境。當藥 (*Swertia*) 中的一種化感物質 (氧雜蒽酮, xanthenes) 即會促進綠豆 (*Vigna radiata*) 過氧化氫酶的活性 (Nangare et al, 2016)。Sairam (2002) 等人發現小麥長期處於高鹽度土壤的逆境中，其過氧化氫酶之活性會有上升的趨勢。Cheeseman (2007)，進而指出乾旱逆境造成的過氧化氫之累積，會提高抗氧化酶 (antioxidant enzymes) 的活性。因此，我們推測福木葉萃取液使大花咸豐草處於相剋作用造成的逆境中，產生過氧化氫之累積，造成生長抑制。而過氧化氫酶活性上升則是大花咸豐草對相剋作用的一種逆境反應，試圖降低過氧化氫的傷害。因此，大花咸豐草處於相剋作用造成的逆境中，可透過提高過氧化氫酶的活性，促進過氧化氫的分解以度過逆境。

另一方面，Marinho (2014) 指出過氧化氫於適當濃度下可作為細胞中的訊息分子，控制轉錄因子的合成而影響基因的表現 (Marinho, 2014)。Heo (2020) 的研究顯示，細胞中過氧化氫濃度的調控，使過氧化氫可當作控制細胞分裂的訊息分子。如果沒有適當濃度過氧化氫之刺激訊號，細胞會出現分裂延遲的現象 (Heo et al, 2020)。除此之外，Alrazi 等人 (2021) 發現由籐黃 (*Garcinia*) 萃取出來的化感物質 (kolaflavanone) 於細胞有絲分裂時可抑制 ATP 分解酶 (ATPase) 的活性並抑制有絲分裂驅動蛋白 (mitotic kinesin) Eg5 的移動 (Alrazi et al, 2021)。因此，福木葉萃取液促進大花咸豐草過氧化氫酶活性，造成過氧化氫的濃度下降，影響細胞週期與細胞分裂，進而造成大花咸豐草的生長抑制。

### 3. 福木葉萃取液作為生物除草劑之評估與建議

整體來看，不論是大花咸豐草單獨種植或與三種作物混種，和大花咸豐草單獨種植的

對照組相比，福木葉萃取液可顯著抑制大花咸豐草種子的萌發與植株生長。如果實際於田間使用福木葉萃取液作為生物除草劑，因考量植物間的競爭等其他交互作用的因素干擾，我們建議：

- (1) 圓葉 A 菜與福山萵苣菜園，可於播種前使用 5%福木葉萃取液，可有效抑制大花咸豐草種子的萌發，但對作物種子萌發影響較小，以避免大花咸豐草與作物間之競爭。
- (2) 小麥草田則可於田間大花咸豐草叢生後再使用福木葉萃取液，如此不但抑制了大花咸豐草的生長，還對小麥草的生長有促進效果。
- (3) 若大花咸豐草並未與其他作物混合生長，則使用 10%福木葉萃取液對種子萌發抑制效果最好，且可以繼續使用 10%福木葉萃取液處理大花咸豐草植株，使其繼續抑制植株生長。

本研究評估「以福木葉萃取液作為生物除草劑」為研究目標，研究結論「福木葉萃取液」確實具備生物除草劑的潛力，但若真要「以福木葉萃取液作為生物除草劑」，未來的研究方向應需包括：

- (1) 福木葉萃取液之相剋化合物純化與分析
- (2) 福木葉萃取液進行植物相剋之作用機轉研究
- (3) 福木葉萃取液進行植物相剋時，大花咸豐草因應化感物質之抵抗機制
- (4) 福木葉萃取液與大花咸豐草植株萃取液進行植物相剋時，其交互作用之機制
- (5) 福木葉萃取液發展成生物除草劑之製程技術發展

## 肆、結論與應用

為測試福木葉萃取液對三種作物種子萌發的影響，我們先進行種子的最佳萌發條件測試，最終結果決定圓葉 A 菜浸潤 2 小時、福山萵苣浸潤 30 分鐘、小麥草浸潤 4 小時後照光培養 24 小時，以此為最佳萌發條件。大花咸豐草的種子萌發則以 4mL 水量、照光培養 6 天作為種子的基本培養方法。

由相剋實驗發現 2.5%、5%與 10%的福木葉萃取液都能抑制圓葉 A 菜、福山萵苣與小麥草種子的萌發，而對大花咸豐草種子的抑制效果比此三種作物更為明顯。

在幼苗生長的實驗中顯示，福木葉萃取液對圓葉 A 菜與福山萵苣之主根延長則具有抑制效果，但對圓葉 A 菜與福山萵苣之植株與支根的生長無顯著影響，另外，對於小麥草之植株與不定根的生長亦有抑制效果。圓葉 A 菜總葉綠素含量較對照組低，但福山萵苣與小麥草的總葉綠素含量與對照組無顯著差異。至於對大花咸豐草植株的生長亦具抑制效果。

透過大花咸豐草分別與三種作物混合種植，我們模擬福木葉萃取液的相剋作用加大花咸豐草與作物間的競爭作用，根據實驗結果，我們推測：(1)福木對圓葉 A 菜之相剋作用 < 相剋作用+競爭 < 大花咸豐草與圓葉 A 菜之競爭；(2)福木對福山萵苣之相剋作用 < 相剋作用+競爭 ≤ 大花咸豐草與福山萵苣之競爭；(3)相剋作用+競爭 < 大花咸豐草與小麥草之競爭 < 福木對小麥草之相剋作用。

10%福木葉萃取液對圓葉 A 菜、福山萵苣與小麥草植株之過氧化氫酶活性無顯著影響，但會促進大花咸豐草植株中之過氧化氫酶活性。

評估福木葉萃取液作為生物除草劑之可行性，我們建議：(1)圓葉 A 菜與福山萵苣菜園，可於播種前使用 5%福木葉萃取液，先行抑制菜園中大花咸豐草種子的萌發，以避免大花咸豐草與作物植株間之競爭；(2)小麥草田則可於田間大花咸豐草叢生後再使用 10%福木葉萃取液，如此不但抑制了大花咸豐草的生長，還對小麥草的生長有促進效果；(3)若大花咸豐草並未與其他作物混合生長，則使用 10%福木葉萃取液可抑制其植株與支根的生長。

本研究中的福木有良好的相剋作用，深具發展成生物除草劑(植物源除草劑)的潛力。

## 伍、參考文獻

- 江怡睿(2002)。 *Endo- $\beta$ -mannanase* 與結球萵苣種子發芽之研究(3-5、10-12 頁)。國立中興大學園藝學系碩士論文。
- 李坤榮(2011)。 *小麥草栽培法與真空凍結乾燥之研究*(6-7 頁)。國立勤益科技大學碩士論文。
- 袁秋英(2016)。植物相剋化合物於雜草管理之應用。 *行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所技術專刊*第 259 號，1-20 頁
- 陳奕竹(2011)。 *五種木薑子屬植物之植物相剋活性潛能*(9-15 頁、23-25 頁)。國立屏東科技大學熱帶農業暨國際合作學系碩士論文
- 陳俊宏、丁宗蘇、蘇夢淮、吳雅嵐、沈家玉、房樹生、張淳瑋、劉玉山、蔡任圃、魏宏仁(2020)。 *選修生物 II(全)生命的起源與植物體的構造與功能*。龍騰出版。
- 徐曉玫(2006)。 *大花咸豐草對鬼針的競爭優勢及入侵性探討*(1-7 頁)。國立台灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文。
- 徐玲明、林訓仕(2005)。三種鬼針草植株、種子外觀形態及發芽率之比較。 *中華民國雜草學會會刊* 第二十六卷(第一期) 33-42 頁
- 張簡秀容(1999)。葉萵苣栽培管理。 *台灣農業*，VOL .35 NO.1 68-71 頁
- 郭華仁(2015)。 *種子學*(86-101 頁)。台大出版中心。
- 廖天賜(2011)。 *農村社區常用植栽應用手冊*(96 頁)。行政院農業委員會水土保持局。
- 鄧書麟、何坤益、張怡萱、蔡景株、呂福原(2004)。入侵植物在台灣—以大花咸豐草為例。 *林業研究專訊*，第十一卷(第四期) 18-21 頁
- 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*(1-5、13-17、20-26、48-49、52 頁)。國立台灣大學生物資源暨農學院生物環境系統工程學系博士論文。
- 謝政宏(2005)。 *微生物製劑對福山萵苣生長之影響及根圈菌相之多源基因體研究*(3-9 頁)。國立成功大學生命科學研究所碩士論文。
- Aruna Shahaji Nangare and Vijay Damodhar Mendhulkar(2016). Advancement in enzyme activities in *Vigna radiata* by allelopathic applications of xanthone extracts of some *Swertia* species collected from Southwest zone of Maharashtra. *Scholars Research Library Der Pharmacia Lettre*, 8(8) : 334-338. <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>
- Catherine Fernandez, Yogan Monnier, Mathieu Santonja, Christiane Gallet, Leslie A. Weston, Bernard Prévosto, Amélie Saunier, Virginie Baldy and Anne Bousquet-Mélou(2016). The Impact of Competition and Allelopathy on the Trade-Off between Plant Defense and Growth in Two

Contrasting Tree Species. *Frontiers in Plant Science*. Volume7.Article594

Claudia Lennicke and Helena M. Cocheme(2021). Redox metabolism: ROS as specific molecular regulators of cell signaling and function. *Molecular Cell* 81: 3691-3707.

<https://doi.org/10.1016/j.molcel.2021.08.018>

Guilherme Colla, Mariana A. da Silva, Gustavo S. Queiroz, Moacir G. Pizzolatti & Inês M.C. Brighente(2011). Antioxidant, Allelopathic and Toxic Activity of *Ochna serrulata*. *Latin American Journal of Pharmacy*, 30 (4): 809-13. <https://www.researchgate.net/publication/272073353>

H. C. Lane and E. E. King(1968). Stimulation of Indoleacetic Acid Oxidase and Inhibition of Catalase in Cotton Extracts by Plant Acids. *Plant Physiology* 43: 1699-1702.

Hossein Mardani, John Maninang , Kwame Sarpong Appiah , Yosei Oikawa , Majid Azizi and Yoshiharu Fujii(2019). Evaluation of Biological Response of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Weeds to Safranal Allelochemical of Saron (*Crocus sativus*) by Using Static Exposure Method. *Molecules*, 24, 1788. doi:10.3390/molecules24091788

H. Susana Marinho , Carla Real , Lu ísa Cyrne , Helena Soares , Fernando Antunes(2014). Hydrogen peroxide sensing, signaling and regulation of transcription factors. *Redox Biology* 2 : 35–562

Hiroyuki Minami, Emi Takahashi, Mitsuaki Kodama, Yoshiyasu Fukuyama(1996). Three xanthenes from *Garcinia subelliptica*. *Phytochemistry*, 41(2) : 629-633. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(95\)00567-6](https://doi.org/10.1016/0031-9422(95)00567-6)

Hsiao-Mei Hsu and Wen-Yuan Kao(2009). Contrasting Effects of Aqueous Tissue Extracts from an Invasive Plant, *Bidens pilosa* L. var. *radiata*, on the Performance of Its Sympatric Plant Species. *Taiwania*, 54(3): 255-260

Islam M D Alrazi, Tomisin H Ogunwa, Ayodele O Kolawole, Olusola O Elekofehinti, Olaposi I Omotuyi, Takayuki Miyanishi, Shinsaku Maruta(2021). Kolaflavanone, a biflavonoid derived from medicinal plant *Garcinia*, is an inhibitor of mitotic kinesin Eg5. *The Journal of Biochemistry*, 170(5): 611–622. <https://doi.org/10.1093/jb/mvab083>

John M. Cheeseman(2007). Hydrogen Peroxide and Plant Stress: A Challenging Relationship. *Plant Stress* . *Plant Stress* 1(1) : 4-15 .

Md. Mahfuzur Rob and Hisashi Kato-Noguchi(2019). Study of the allelopathic activity of *Garcinia pedunculata* Roxb. *POJ* 12(01):31-36. doi: 10.21475/poj.12.01.19.pt1773

Ming-Tung Hsueh, Chihhao Fan , Hsiao-Feng Lo and Wen-Lian Chang(2020). Effects of Light and Autotoxicity on the Reproduction of *Bidens pilosa* L.: From Laboratory to the Field. *Agriculture*, 10, 555. doi:10.3390/agriculture10110555

Raj Kumar Sairam, K. Veerabhadra Rao, G.C Srivastava(2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and

osmolyte concentration. *Plant Science* 163( 5): 1037-1046. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00278-9](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00278-9)

Sukyeong Heo , Suree Kim and Dongmin Kang.(2020). The Role of Hydrogen Peroxide and Peroxiredoxins throughout the Cell Cycle. *Antioxidants* 9 : 280. doi:10.3390/antiox9040280

T.D. Khanh, L.C. Cong, T.D. Xuan, Y. Uezato, F. Deba,T.Toyama and S. Tawata(2009). Allelopathic plants: 20. Hairy Beggarticks (*Bidens pilosa* L.). *Allelopathy Journal* 24 (2): 243-254.

Yourk Sothearith , Kwame Sarpong Appiah , Hossein Mardani , Takashi Motobayashi , Suzuki Yoko, Khou Eang Hourt, Akifumi Sugiyama and Yoshiharu Fujii(2021). Determination of the Allelopathic Potential of Cambodia's Medicinal Plants Using the Dish Pack Method. *Sustainability*, 13, 9062. <https://doi.org/10.3390/su13169062>

郭曜豪(2008)。福木花與種子活性成分之研究(NRICM97-DHMD-02 97年1月1日至97年12月31日)。取自科技部研究計畫。<https://www.grb.gov.tw/search/planDetail?id=1566320>

楊穎浩，許富蘭，張資正(2020)。菲島福木可再生部位開發為天然防曬添加劑之可行性評估。109年森林資源永續發展研討會論文集(第12頁)。取自

[http://for.nchu.edu.tw/uploads/files/20201105144047\\_5fa39e6f63131.pdf](http://for.nchu.edu.tw/uploads/files/20201105144047_5fa39e6f63131.pdf)

廖旭茂(2021)。利用壓力感測器調查雙氧水的催化分解。台灣化學教育電子期刊 第43期。

取自：<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=40821>

## 【評語】 060008

- 一、此研究藉由比較圓葉 A 菜、福山萵苣與小麥草種子萌發率、幼苗根長、葉片葉綠素含量及過氧化氫酶活性檢測，總結可用不同濃度福木葉萃取液作為生物除草劑。
- 二、作者研究主題明確、實驗設計完整且分析方法具科學適切性，也有考慮到光照及泡水時間對種子萌發率的影響。
- 三、以葉片萃取物進行植物的結抗研究有待商榷。
- 四、進行實驗之葉片萃取物的穩定性有待進一步確認。