

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

第一名

052208

福木葉萃取液應用於生物除草劑之可行性評估

學校名稱：臺中市立大甲高級中等學校

作者： 高一 紀宜辰 高一 沈育緯 高一 陳韋儒	指導老師： 阮季芷
-----------------------------------	--------------

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

得獎感言

想要進行科學研究就必須善用課餘時間，很慶幸在 108 新課綱的規定下，讓我們能在正課之外還能有自己能規劃、應用的時間-自主學習，也很高興能找到志同道合的同學，在相互合作、共同討論下擬定出我們的研究主題，更感動的是大家都能堅持到最後，完成作品。每一次的實驗都存在著失敗的機率，可能是一開始的實驗設計不夠嚴謹，也可能是操作時的細節拿捏不夠精確，更有可能是因為活體實驗本就存在著個體差異的變數。實驗的成功帶給我們無限的喜悅，但每一次的失敗，讓我們重新檢視、調整一開始的實驗設計，以期能讓我們的問題得以解決，一次次的學習與調整，讓原本只會照著課本實驗步驟進行實驗的我們蛻變成具備探究與實作能力的學生，透過這一整年的研究，讓我們一開始的假設與提問獲得了答案與驗證，豐碩的成果讓我們這一年來的辛苦有了最甜美的回報。

在這忙碌且充實的兩個學期裡，數不盡的大小實驗中，我們學到了許多以前不曾想過或接觸過的事、物與待人處世的道理，也讓我們累積面對挫折與失敗的勇氣與繼續堅持下去的毅力，競賽中其他隊伍的作品更是增廣了我們的視野與知識，每一次的經驗都是種新的體驗，很高興我們能擁有這麼多體驗。

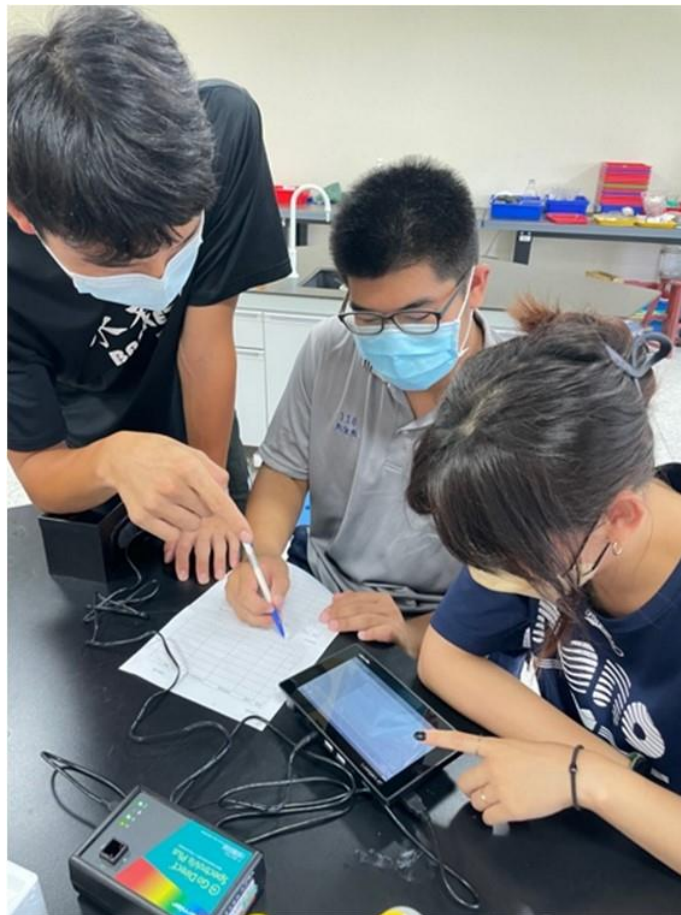
從校內科展、市賽，一直走到全國賽，一次又一次的口頭報告與面對評審，讓我們的台風越趨穩健、態度也越趨從容，評審的提問雖然是種考核，更是讓我們審視作品不足之處的最佳建議，感謝評審讓我們有不斷進步的機會，雖然已完成全國賽，但我們知道研究不會因比賽結束而停止，我們將好好檢討作品的缺漏之處，審慎思考教授的建議，期望能更提升我們的作品，讓我們能在未來的台灣國際科展上百尺竿頭更進一步。



將實驗植物的種子放入培養皿中，準備進行最佳浸潤條件測試實驗。



以福木葉萃取液浸泡大花咸豐草種子，進行相剋作用測試。



使用分光光度計測量實驗植物總葉綠素吸光值。

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大花咸豐草種子，福木葉萃取液皆能抑制種子萌發，但對大花咸豐草的抑制效果優於另外三種作物。以福木葉萃取液進行幼苗測試。可抑制萵苣主根延長，抑制小麥草植株、不定根與大花咸豐草植株生長。考慮福木相剋作用與大花咸豐草和作物競爭的影響，(1)萵苣：相剋<相剋+競爭<競爭(2)小麥草：相剋+競爭<競爭<相剋。建議兩種萵苣，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%福木葉萃取液還可促進小麥草的生長；單獨處理大花咸豐草則使用 10%福木葉萃取液達有效抑制效果。

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, 被列為台灣二十大危害力最高的入侵植物之一(洪銘成, 2010), 文獻中提到它具有相剋作用, 侵入台灣後侵略性的掠奪其他植物的生育地(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。因為文獻中有提到植物的相剋作用, 每天看到它們時, 總好奇著到底是土生土長的福木的相剋作用厲害? 還是不客氣的入侵者--大花咸豐草厲害? 所以想藉著科展研究福木對大花咸豐草與其他作物的影響。本研究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*)。

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)確認大花咸豐草植株萃取液對小麥草、圓葉 A 菜與福山萵苣三種作物種子萌發的影響。
- (三)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作用。
- (四)福木葉萃取液對大花咸豐草、小麥草、圓葉 A 菜與福山萵苣植物幼苗生長之相剋作用。
- (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 Sothearith 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-methoxyxanthone, 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，皆喜歡冷涼、乾燥的環境，因植株生長快速(李坤榮，2011)，是常見的貓草植物，因此選做我們實驗植物。

貳、研究設備及器材

一、實驗植物與來源：

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

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

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。

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

二、工具與耗材：

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)、100mL 量筒、500mL 燒杯、石蠟膜(parafilm)

三、儀器：

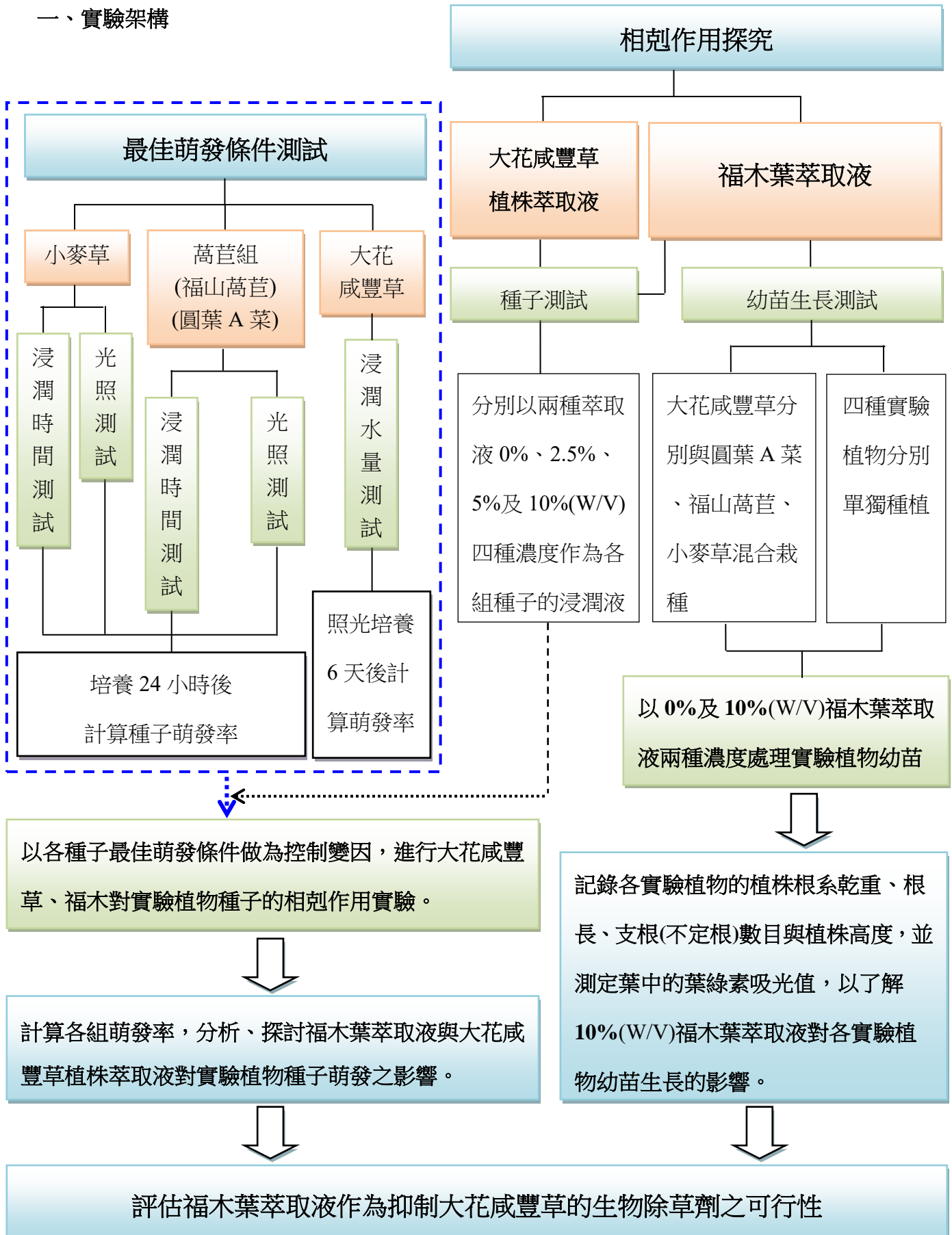
微量吸管(含 tip)(Eppendorf *Research plus*)、植物生長箱(DENG YNG DR-60)、往復式振盪器(EYELA MULTI SHAKER MMS)、烘箱(DENG YNG Drying DOS45)、微量天平(Precisa LX320M)、分光光度計(VERNIER Go Direct SpectroVis Plus)、數位感測器(VERNIER LABQUEST-2)



圖 1 各類儀器型號圖示(由作者自行拍攝)

參、研究方法

一、實驗架構



二、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, 也考慮進行研究時實際的天氣情形, 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

1. 將 100 顆/盤種子均勻鋪在對折的單層紗布夾層中後, 再將單層紗布包裹於雙層紗布中。之後將包裹後的「種子紗布塊」置於塑膠培養皿內。
2. 每盤培養皿倒入 40mL 的水, 分別浸泡 30、60、90、120 分鐘, 進行浸潤時間測試。之後倒除培養皿中水分, 並將「種子紗布塊」小心擰乾, 將單層紗布從雙層紗布中移出, 放入塑膠培養皿中培養。黑暗組與光照組所有操過過程相同, 不同之處在於一個是所有步驟在遮光下操作, 一個是在有光的環境下進行。
3. 分別給予光照與黑暗不同的處理培養 24 小時, 之後計算各培養皿中種子萌發率, 扣除極端值後, 以 5 組重複進行各統計數值(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：

1. 將 100 顆/碗種子放在塑膠碗中, 各加入 70mL/碗的水, 並分別於黑暗與照光下浸泡 2、4、6、8 小時。
2. 浸泡時間結束時, 黑暗組在遮光條件下將雙層濕潤紗布鋪於培養皿內, 再將瀝乾後的種子均勻鋪在紗布上, 最後以一層 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。
3. 分別給予光照與黑暗(遮光)不同的處理培養 24 小時, 之後計算各培養皿中種子萌發率, 扣除極端值後, 以 4 組重複進行各統計數值(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, 大花咸豐草種子萌發不受光照與浸潤時間的影響, 因此, 實驗統一以照光處理, 因全年皆能萌發生長, 故為了與萵苣、小

麥草一起使用植物培養箱，以下大花咸豐草種子萌發溫度控制為 20°C、濕度條件為 80%。

1. 於塑膠培養皿底部鋪上一層 90mm 的濾紙，將大花咸豐草種子 50 顆/盤均勻鋪在濾紙上，之後再蓋上一層濾紙。
2. 於各組培養皿中分別加入 3mL、4mL、5mL 蒸餾水，進行浸潤水量測試，使兩層濾紙完全浸濕，之後將兩濾紙間的空氣排出。蓋上培養皿上蓋，以石蠟膜(parafilm)封合，之後置於植物生長箱中培養 6 天。
3. 6 天後計算其萌發率，扣除極端值後，各以 4 組重複進行各統計數值(平均值、標準差、t-test)之計算。

三、大花咸豐草相剋作用實驗

(一)大花咸豐草萃取液製備

薛銘童(2021)指出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植毒性物質，但以殘體分解為最重要的途徑。故本研究相剋作用實驗所使用的大花咸豐草萃取液是採摘大花咸豐草植株，秤取 200 克，洗淨晾乾後，將各部位剪成短於 2 公分的殘體，放入 1000mL 燒杯中，加入 300mL 蒸餾水，搖晃浸泡 24 小時。除去浸泡液中的殘體後，以雙層紗布過濾，即獲得實驗所需的 40%大花咸豐草萃取液(W/V) (Ming-Tung Hsueh et al, 2020)。2.5%、5%、10%與 20%萃取液，則是以 40%萃取液稀釋得之。

(二)大花咸豐草萃取液對圓葉 A 菜與福山萵苣種子萌發的影響

1.圓葉 A 菜組

- (1) 所有步驟皆以種子最佳萌發條件(浸泡 120 分鐘、照光培養 24 小時)做為控制變因，分別倒入 0%(蒸餾水)、2.5%、5%與 10%的大花咸豐草萃取液作為浸泡液。
- (2) 培養後計算各培養皿中種子萌發率，扣除極端值後，各以 7 組重複進行各統計數值(平均值、標準差、t-test)之計算。
- (3) t-test 分析，各實驗組之萌發率與對照組相比有差異性存在(p 值<0.05)的條件下，計算大花咸豐草萃取液對各實驗組之萌發抑制率。(陳奕竹，2011)

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

2. 福山萵苣組

- (1) 所有步驟皆以種子最佳萌發條件(浸泡 30 分鐘、照光培養 24 小時)做為控制變因，分別倒入 0%(蒸餾水)、2.5%、5%與 10%的大花咸豐草萃取液作為浸泡液。
- (2) 培養後計算各培養皿中種子萌發率，扣除極端值後，各以 5 組重複進行各統計數值(平均值、標準差、t-test)之計算。
- (3) 為進行高濃度測試，將大花咸豐草萃取液濃度調整成 0%(蒸餾水)、10%、20%與 40%，每盤各 40mL，之後重複步驟(1)，計算各培養皿中種子萌發率，扣除極端值後，各以 7 組重複進行各統計數值(平均值、標準差、t-test)之計算。
- (4) t-test 分析，各實驗組之萌發率與對照組相比有差異性存在(p 值<0.05)的條件下，計算大花咸豐草萃取液對各實驗組之萌發抑制率。(陳奕竹，2011)

(三)大花咸豐草萃取液對小麥草種子萌發的影響

1. 所有步驟皆以種子最佳萌發條件(浸泡 4 小時、照光培養 24 小時)做為控制變因，分別倒入 0%(蒸餾水)、2.5%、5%與 10%的大花咸豐草萃取液作為浸泡液。
2. 培養後計算各培養皿中種子萌發率，扣除極端值後，各以 5 組重複進行各統計數值(平均值、標準差、t-test)之計算。
3. t-test 分析，各實驗組之萌發率與對照組相比有差異性存在(p 值<0.05)的條件下，計算大花咸豐草萃取液對各實驗組之萌發抑制率。(陳奕竹，2011)

(四)大花咸豐草萃取液對大花咸豐草種子萌發的影響

1. 所有步驟皆以種子最佳萌發條件(浸泡液 4mL/盤)做為控制變因，分別倒入 0%(蒸餾水)、2.5%、5%與 10%的大花咸豐草萃取液，照光培養 6 天。之後計算其萌發率，扣除極端值後，各以 6 組重複進行各統計數值(平均值、標準差、t-test)之計算。
2. t-test 分析，各實驗組之萌發率與對照組相比有差異性存在(p 值<0.05)的條件下，計算大花咸豐草萃取液對各實驗組之萌發抑制率。(陳奕竹，2011)

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 克放入 1000mL 燒杯中，再分別加入 975、950、900mL 的蒸餾水，分別以果汁機打汁，最後以雙層紗布過濾，即獲得實驗所需的 2.5%、5%與 10%福木葉萃取液(W/V)。(陳奕竹，2011)

(二)福木葉萃取液對圓葉 A 菜、福山萵苣、小麥草及大花咸豐草種子萌發的影響

使用 0%(蒸餾水)、2.5%、5%與 10%福木葉萃取液進行實驗，實驗方法與「大花咸豐草萃取液相剋作用實驗」相同(細節請參見 p7~8)，最後進行統計分析之重複數為萵苣組各 7 組重複、小麥草組 6 組重複、大花咸豐草組為 5 組重複。

五、福木葉萃取液對各實驗植物種子幼苗生長的影響

(一)實驗前各種實驗植物幼苗的處理

1. 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，之後再移植入實驗環境中正常培養(室溫、澆蒸餾水)兩天，使其適應實驗的土壤環境。
2. 大花咸豐草也以前述最佳萌發條件，進行種子萌發 6 天，6 天後挑選初生葉未出現或是未展開，且初生根長度約 3~5mm 的小苗進行移植，於實驗環境中正常培養(室溫、澆蒸餾水)兩天，使其適應實驗的土壤環境。
3. 開始各組實驗前，所有植株都先量測、記錄其植株高度。

(二)四種植物幼苗單獨種植

1. 依上述步驟處理所得之幼苗，分別分成兩組，每天以等量的 10%福木葉萃取液與蒸餾水(0%)均勻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，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。
2. 同 1.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。
3. 葉綠素吸光度測定

- (1) 採收植物葉片，清水沖洗葉片陰乾後秤重。葉片混合海砂(SiO₂)一起磨碎成泥狀，之後加入 3 mL 80%丙酮繼續研磨至漿狀。
- (2) 將研磨完成的混合物倒入 10mL 量筒中，再使用 2~4mL 80%丙酮清洗磨鉢中的葉綠素，再倒入量筒中，最後將總體積調至 10mL。
- (3) 將量好的研磨液全部倒入離心管內，之後以石臘膜封住管口，以 2500 rpm 離心 10 min。離心後得上清液。
- (4) 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)，計算出四種實驗植物的總葉綠素含量。

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

A₆₆₃：葉綠素抽取液在波長 663 nm 的吸光值

A₆₄₅：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

1. 實驗前各植物幼苗的處理同步驟五、(一)，但大花咸豐草與作物是同一天移植入同一盒實驗環境中，植入方式以作物植株與大花咸豐草間隔約 1 公分排列混種，每盒實驗環境中都種植等數量的作物與大花咸豐草。
2. 開始各組實驗前，所有植株都先量測、記錄其植株高度。
3. 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%)均勻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，實驗組與對照組所進行的重複數如下：
圓葉 A 菜+大花咸豐草 30 個重複
福山萵苣+大花咸豐草 30 個重複
小麥草+大花咸豐草 23 個重複
，各組除去極端值後進行各項統計數值分析。

肆、研究結果

一、種子最佳萌發條件測試

(一)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。

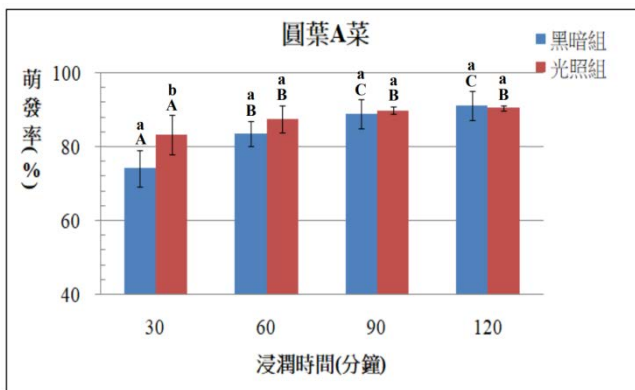


圖 2 不同浸潤時間、照光與否對圓葉 A 菜種子萌發的影響。不同大寫字母表示相同光照處理、不同浸潤時間處理間的顯著性差異，不同小寫字母表示相同浸潤時間、不同光照處理間的顯著性差異($p < 0.05$)

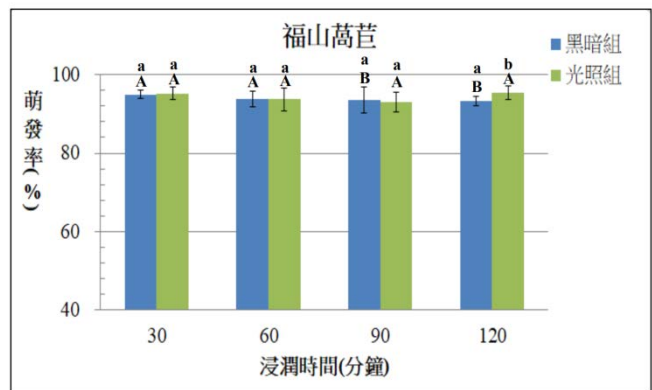


圖 3 不同浸潤時間、照光與否對福山萵苣種子萌發的影響。不同大寫字母表示相同光照處理、不同浸潤時間處理間的顯著性差異，不同小寫字母表示相同浸潤時間、不同光照處理間的顯著性差異($p < 0.05$)

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。

(二)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。

(三)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。

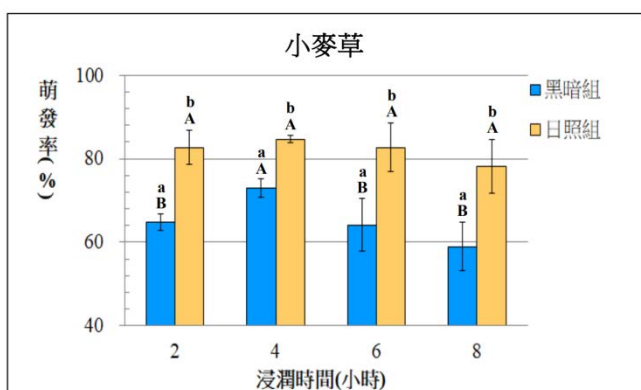


圖 4 不同浸潤時間與照光與否對小麥草種子萌發的影響。不同大寫字母表示相同光照處理、不同浸潤時間處理間的顯著性差異，不同小寫字母表示相同浸潤時間、不同光照處理間的顯著性差異($p < 0.05$)

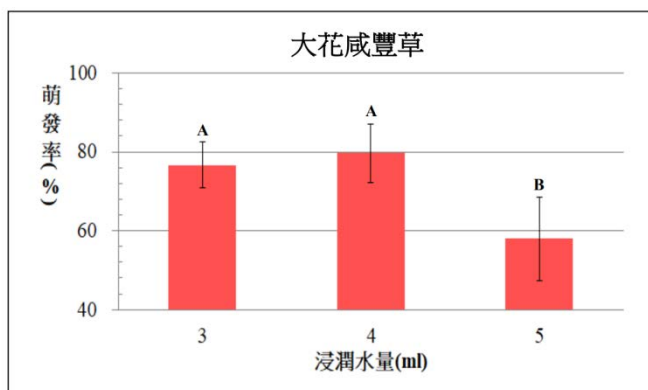


圖 5 不同浸潤水量對大花咸豐草種子萌發的影響。不同字母表示不同浸潤水量處理間的顯著性差異 ($p < 0.05$)

二、大花咸豐草相剋作用實驗

使用大花咸豐草萃取液 2.5%、5%、10%三種濃度，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、7、8 與 9，分別探討大花咸豐草萃取液對各實驗植物種子萌發的影響。

(一)大花咸豐草萃取液對圓葉 A 菜與福山萵苣種子萌發的影響

1.圓葉 A 菜組

由圖 6 可知大花咸豐草萃取液不管是 2.5%、5%還是 10%，對圓葉 A 菜種子萌發都有極為顯著的抑制效果(p 值皆 <0.001)，且 5%與 10%萃取液的抑制效果又比 2.5%更好(p 值皆 <0.001)，但當濃度由 5%增加到 10%時，圓葉 A 菜的萌發率並沒有隨之降得更低(p 值 >0.05)，故推測當大花咸豐草萃取液濃度達 5%時，對圓葉 A 菜種子萌發的抑制已達最大強度。

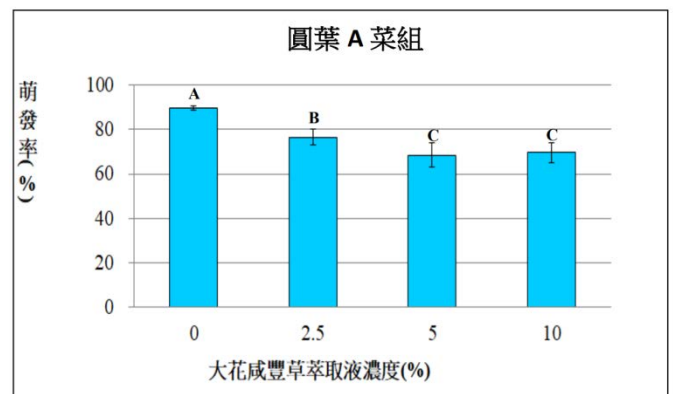


圖 6 不同濃度之大花咸豐草萃取液對圓葉 A 菜種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異 ($p < 0.05$)

2.福山萵苣組

2.5%、5%與 10%的大花咸豐草萃取液對福山萵苣種子萌發都具有抑制效果(圖 7)(p 值皆 <0.05)，但各組被抑制後的萌發率仍高達 85%以上，若進行各組彼此間的差異探討，則發現三種濃度的大花咸豐草萃取液對福山萵苣種子的抑制效果並無差異性存在(p 值皆 >0.05)，故我們提高萃取液的濃度，另外再進行 10%、20%與 40%的萃取液抑制實驗，實驗結果如圖 8，並進行 t-test 分析。

圖 8 結果顯示與對照組相比，10%、20%與 40%的萃取液都具有抑制福山萵苣種子萌發的情形，其中 20%與 40%的抑制效果都明顯比對照組、10%組更好 (p 值小於 0.05 與 0.01)，但 20%與 40%兩種濃度的抑制效果則沒有太大差別(p 值 >0.05)，顯示大花咸豐草萃取液濃度達 20%時，對福山萵苣種子萌發的抑制情形已達最大強度。

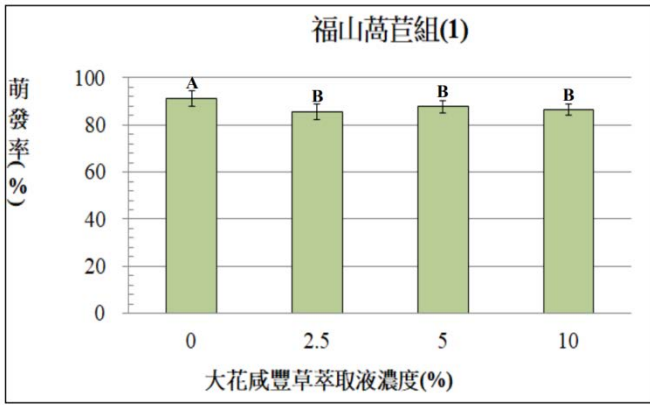


圖 7 不同濃度大花咸豐草萃取液對福山萵苣種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異 ($p < 0.05$)

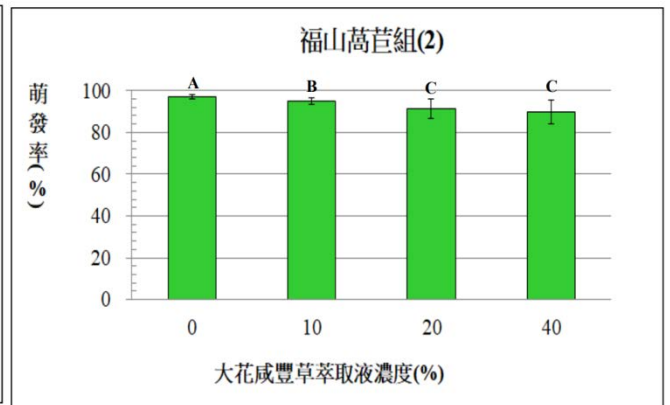


圖 8 高濃度之大花咸豐草萃取液對福山萵苣種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異 ($p < 0.05$)

(二)大花咸豐草萃取液對小麥草種子萌發的影響

三種不同濃度的大花咸豐草萃取液都能有效的抑制小麥草種子的萌發(p 值皆 <0.05)，若更進一步比較不同濃度的抑制效果，則會發現 2.5%與 5%的效果差不多(p 值 >0.05)，10%的抑制效果會明顯更好(p 值皆 <0.05)(圖 9)。

(三)大花咸豐草萃取液對大花咸豐草種子萌發的影響

本實驗中所使用的萃取液與種子為同一地點採摘的大花咸豐草族群，做此測試是想知道大花咸豐草萃取液的相剋作用是否也會發生在同族群當中，結果發現(圖 10)10%萃取液才具有抑制效果(p 值 <0.05)，大花咸豐草對同族群個體的相剋作用若視為種內競爭，則當殘體萃取液濃度高達 10%時，對該族群而言將具有不利種子萌發的效果存在。

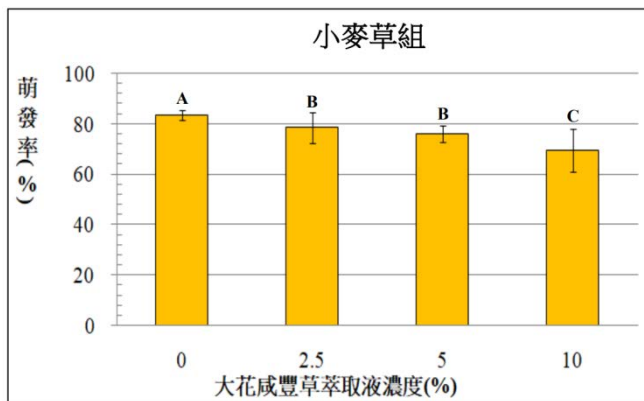


圖 9 不同濃度之大花咸豐草萃取液對小麥草種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異 ($p < 0.05$)。

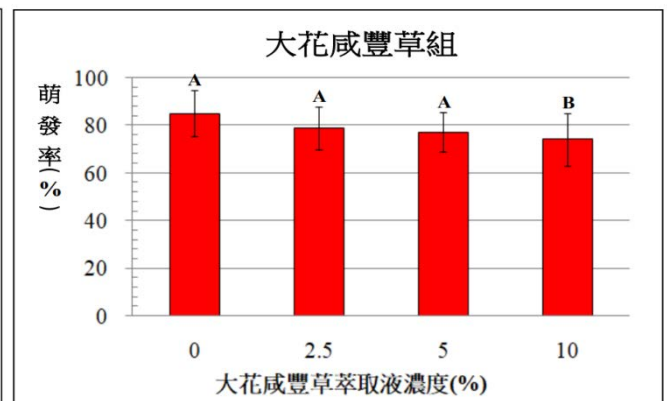


圖 10 不同濃度之大花咸豐草萃取液對同族群個體種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異 ($p < 0.05$)。

三、福木葉萃取液對實驗植物種子萌發之相剋作用實驗

使用福木葉萃取液 2.5%、5%、10%三種濃度，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 11~圖 14，分別探討福木葉萃取液對各實驗植物種子萌發的影響。

(一)福木葉萃取液對圓葉 A 菜與福山萵苣種子萌發的影響

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 11)，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 12)，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)。

(二)福木葉萃取液對小麥草種子萌發的影響

2.5%、5%、10%之福木葉萃取液皆能抑制小麥草種子的萌發。分別與對照組進行 t-test 分析，p 值為 $p<0.05$ 與 $p<0.001$ (圖 13)。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)。故福木葉萃取液對小麥草種子的影響與對圓葉 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，抑制效果才有更明顯的差距。

(三)福木葉萃取液對大花咸豐草種子萌發的影響

本實驗各組進行 7 次重複，扣除極端值後以 5 個重複進行統計分析，結果顯示對照組、2.5%實驗組與 5%實驗組都有標準差大的情形存在，雖各重複間差異大，但進行 t-test 分析後各組間的萌發率仍有差異性存在(p 值皆 <0.05)(圖 14)，顯示此三種福木葉萃取液確實能有效抑制大花咸豐草種子的萌發，且 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，福木葉萃取液的濃度選定為 0%與 10%。

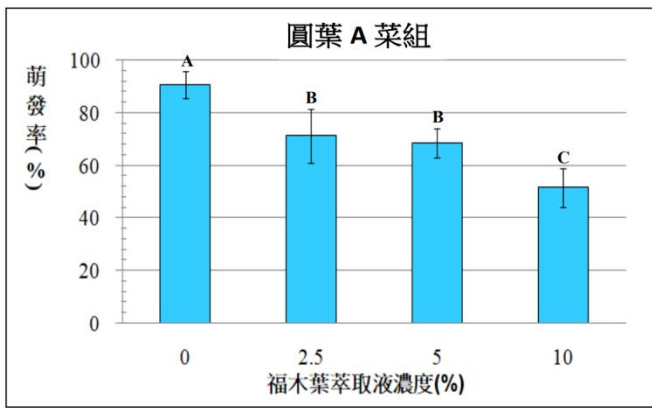


圖 11 不同濃度之福木葉萃取液對圓葉 A 菜種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異($p < 0.05$)

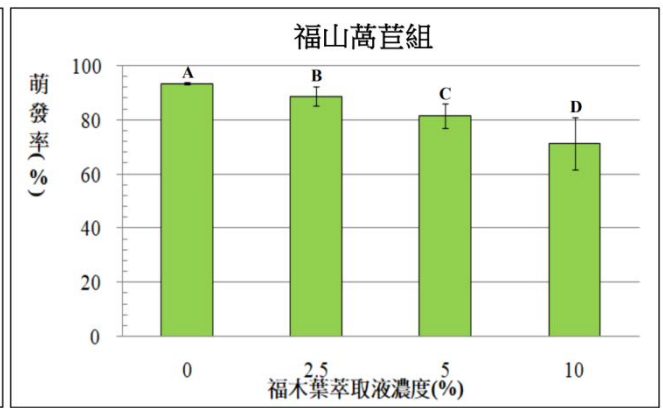


圖 12 不同濃度之福木葉萃取液對福山萵苣種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異 ($p < 0.05$)

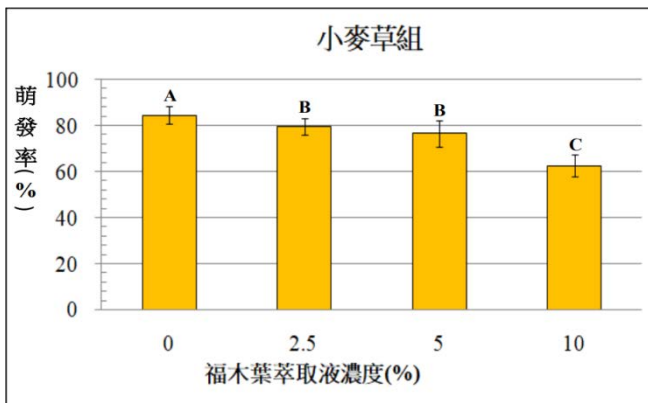


圖 13 不同濃度之福木葉萃取液對小麥草種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異 ($p < 0.05$)

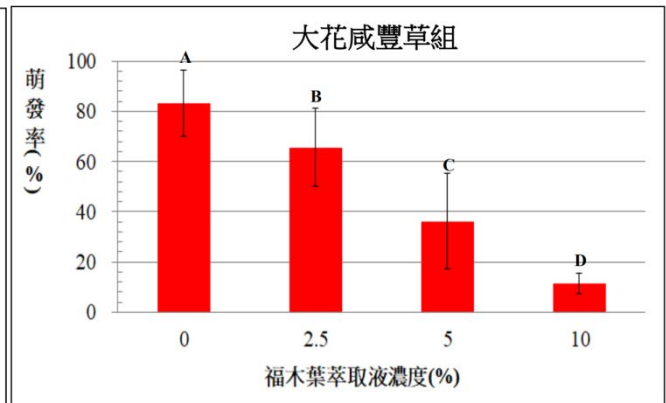


圖 14 不同濃度之福木葉萃取液對大花咸豐草種子萌發的影響。不同字母表示不同萃取液濃度處理間的顯著性差異($p < 0.05$)

四、福木葉萃取液對各實驗植物幼苗生長之相剋作用實驗

(一)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 15~19 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 15)、主根生長(圖 18)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 17)。與大花咸豐草混種，即便只是用水培養，圓葉 A

菜的植株(圖 17)、主根(圖 18)與支根(圖 19)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
取液的影響。

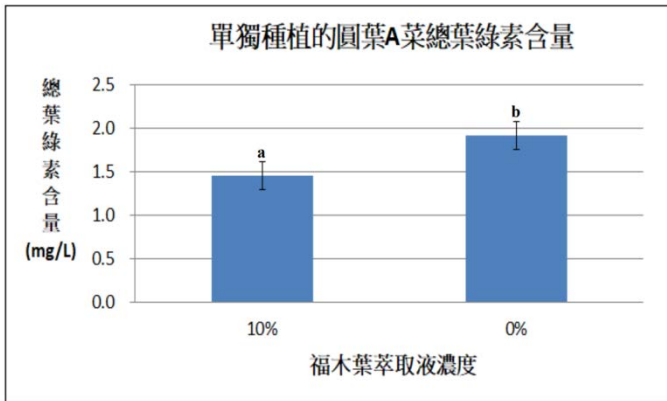


圖 15 福木葉萃取液處理對圓葉 A 菜總葉綠素含量的影響。不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

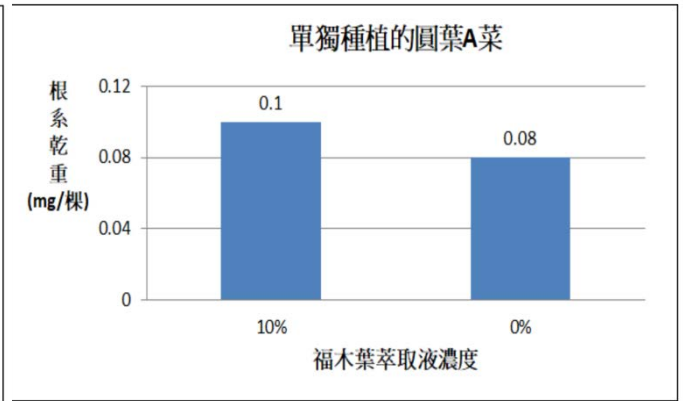


圖 16 福木葉萃取液處理對圓葉 A 菜根系乾種的影響。

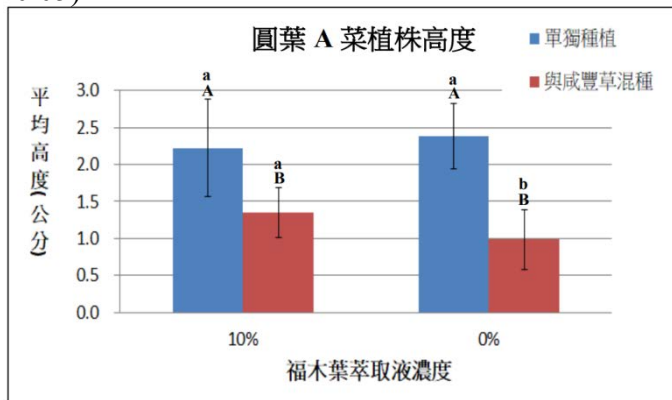


圖 17 福木葉萃取液對圓葉 A 菜植株生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

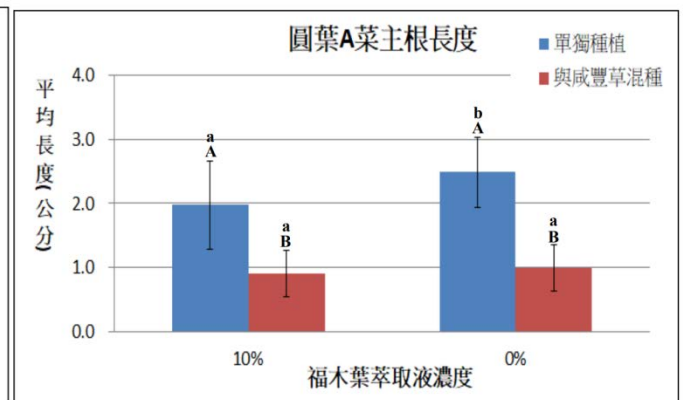


圖 18 福木葉萃取液對圓葉 A 菜主根生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

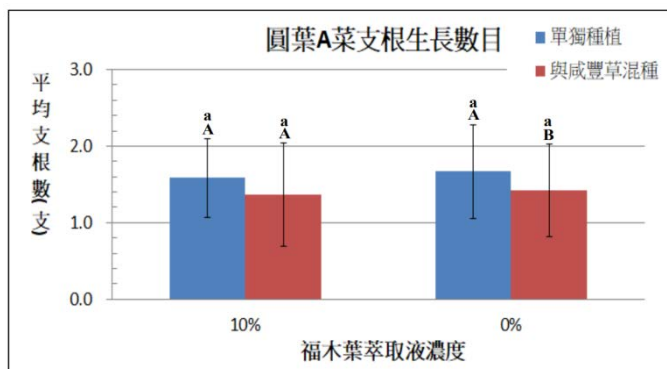


圖 19 福木葉萃取液對圓葉 A 菜支根生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

(二)福木葉萃取液對福山萵苣幼苗生長的影響

根據圖 20~24 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 22) 與主根(圖 23)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 23)。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。

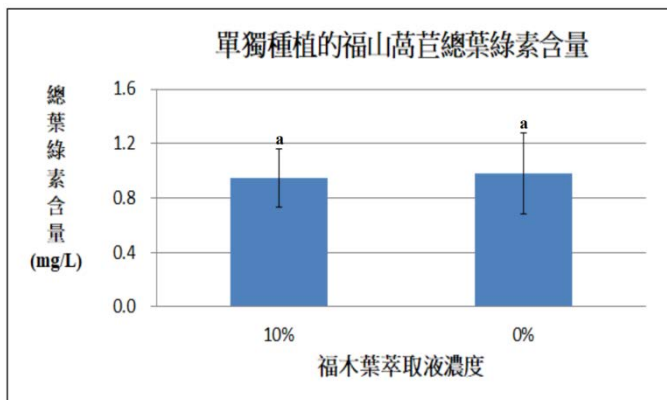


圖 20 福木葉萃取液處理對福山萵苣總葉綠素含量的影響。不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

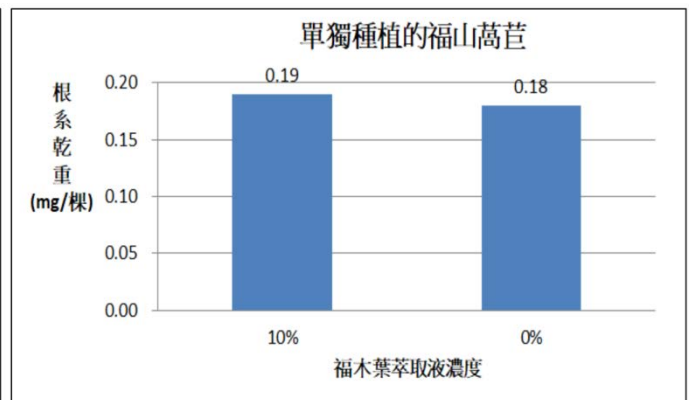


圖 21 福木葉萃取液處理對福山萵苣根系乾重的影響。

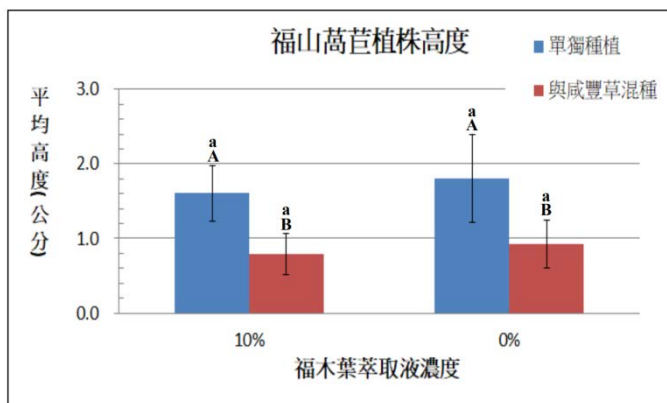


圖 22 福木葉萃取液對福山萵苣植株生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

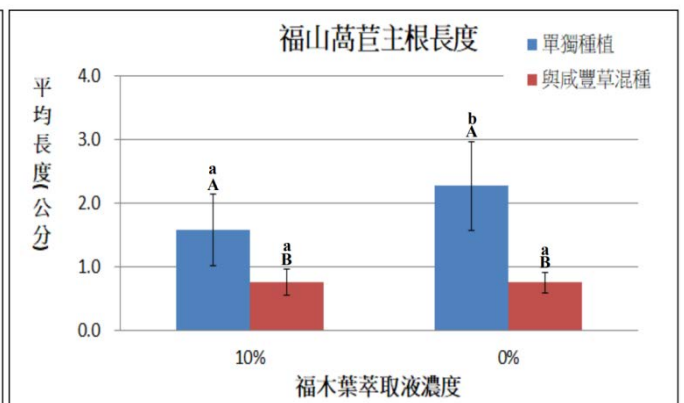


圖 23 福木葉萃取液對福山萵苣主根生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

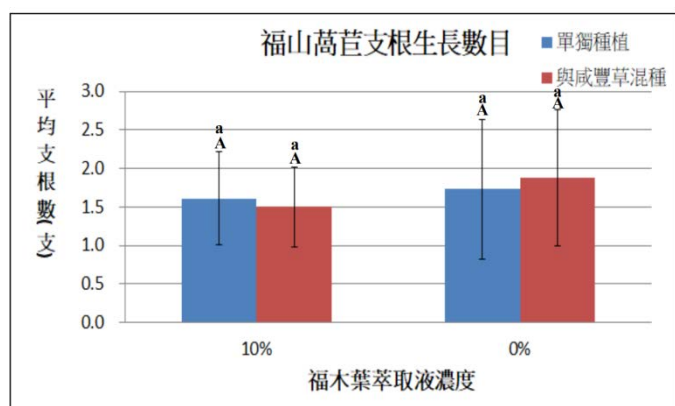


圖 24 福木葉萃取液對福山葛芎支根生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異 ($p < 0.05$)

(三)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葛芎組有截然不同的結果。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 25)，但植株高度(圖 28)、不定根的長度(圖 29)與不定根數量(圖 30)都會受到明顯的抑制(p 值皆 <0.05)。根系乾重(圖 26)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 26)與根系生長的情形(圖 27)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 28)，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植之對照組。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。

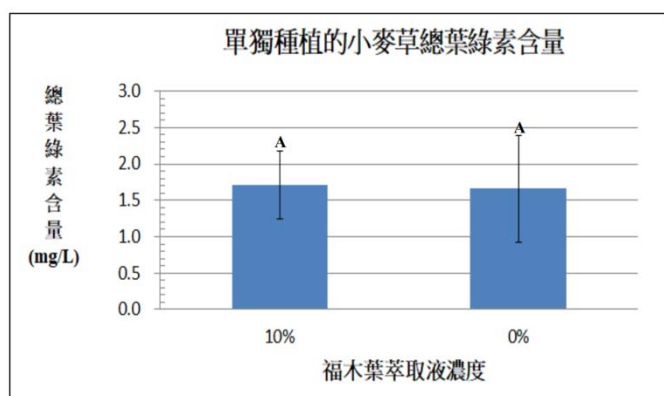


圖 25 福木葉萃取液處理對小麥草總葉綠素含量的影響。不同字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

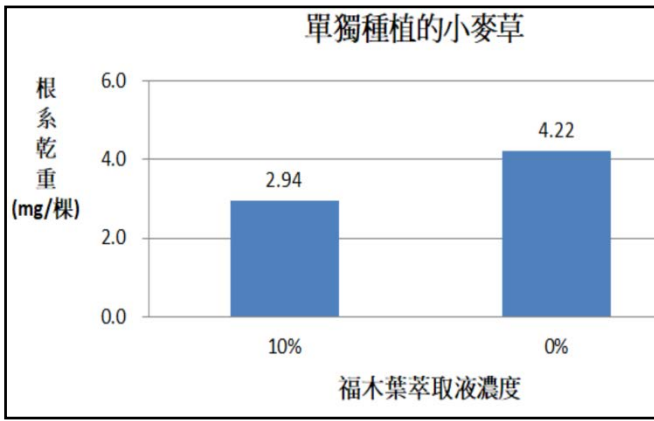


圖 26 福木葉萃取液處理對小麥草根系乾種的影響。

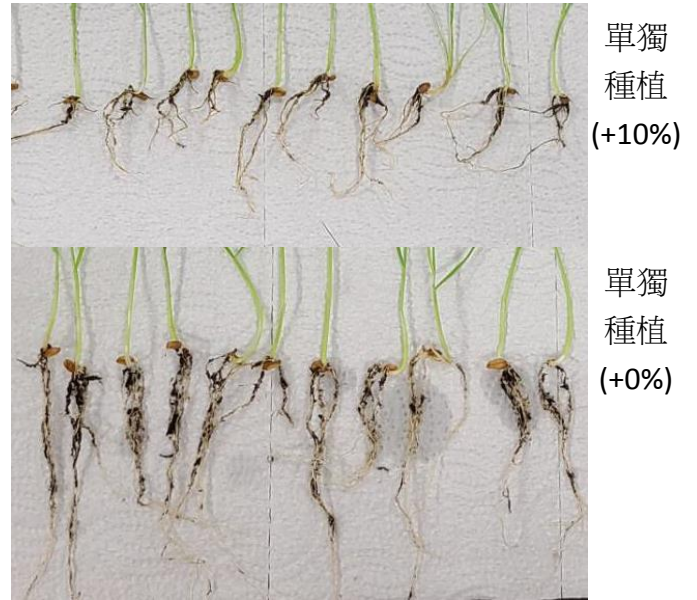


圖 27 使用 10%福木葉萃取液與水(0%)澆灌後小麥草根系生長情形。

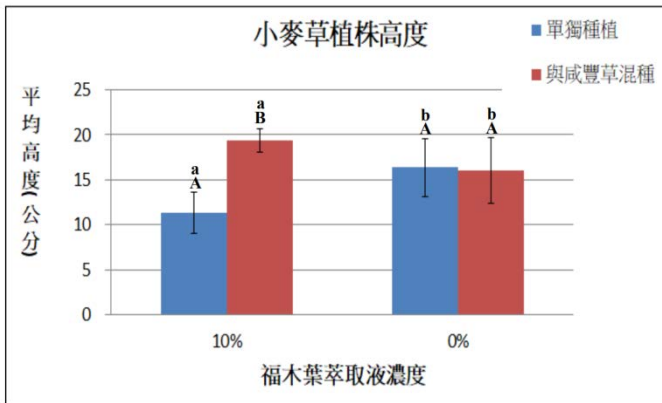


圖 28 福木葉萃取液對小麥草植株生長的影响。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

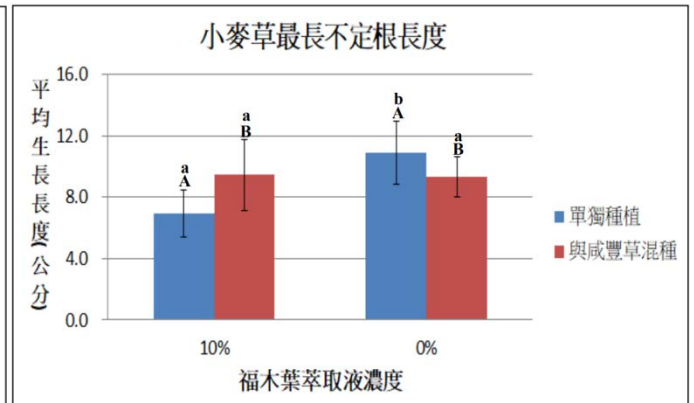


圖 29 福木葉萃取液對小麥草不定根長度生長的影响。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

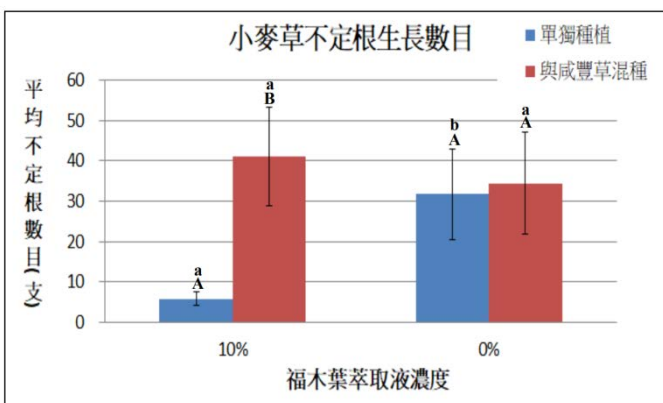


圖 30 福木葉萃取液對小麥草不定根生長的數目影响。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

(四)福木葉萃取液對大花咸豐草幼苗生長的影響

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 31~圖 35 所示。結果發現若是使用水(%)澆灌培養，植株高度(圖 33)與主根生長(圖 34)混種組都明顯不如單獨栽種組，但與圓葉 A 菜混種的大花咸豐草支根數目卻是混種組較多(圖 35)。使用 10% 福木葉萃取液組中混種組植株高度(圖 33)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 34)，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 35)。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會受到 10%福木葉萃取液的影響，主根生長情形則無顯著差異。

若是要探討大花咸豐草於不同作物混種實驗中受到 10%福木葉萃取液的影響，圖 31~圖 35 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 34)；與福山萵苣混種時大花咸豐草的植株生長會得利(圖 33)，與小麥草混種時，大花咸豐草的植株生長會受到更大的抑制(圖 33)。

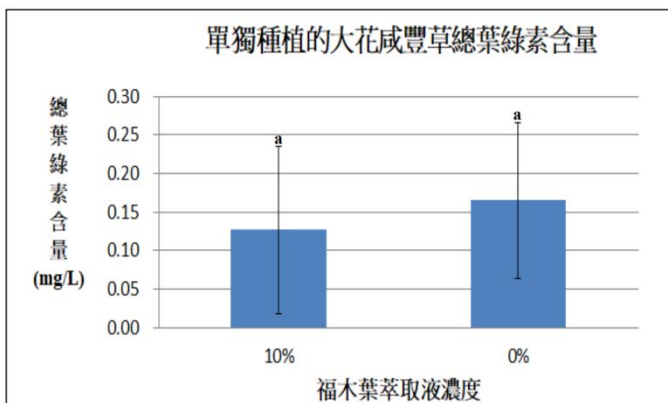


圖 31 福木葉萃取液處理對大花咸豐草總葉綠素含量的影響。不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

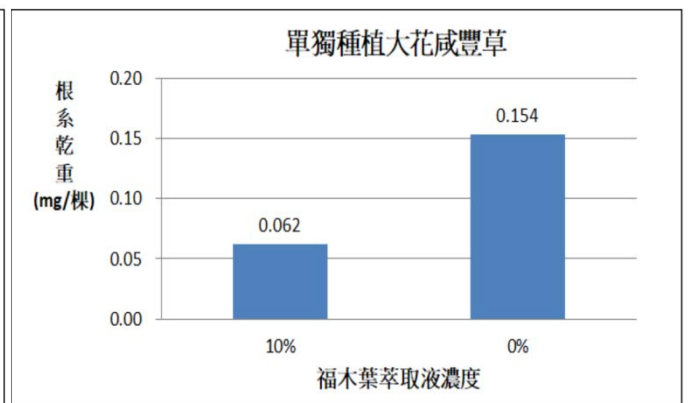


圖 32 福木葉萃取液處理對大花咸豐草根系乾重的影響。

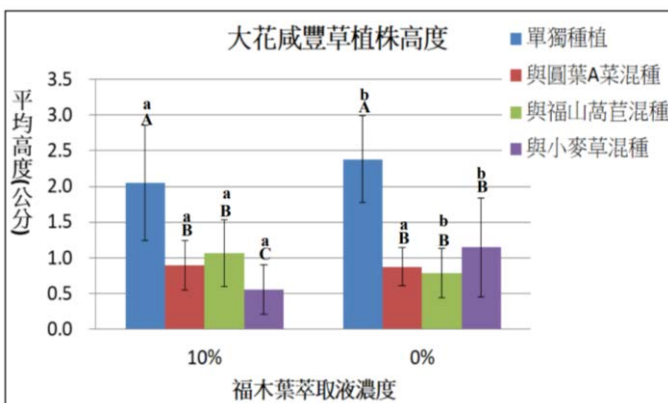


圖 33 福木葉萃取液對各種不同種植方式的大花咸豐草植株生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異($p < 0.05$)

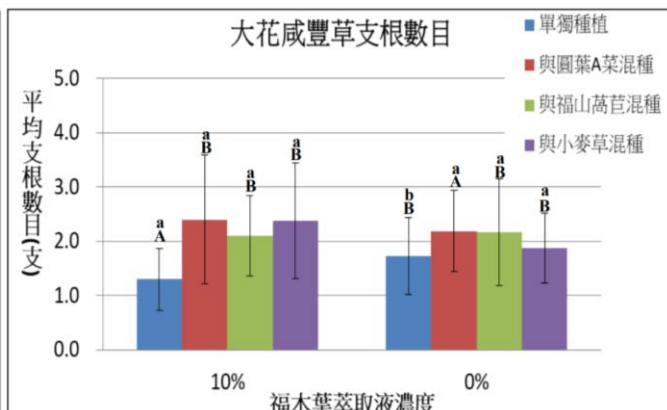
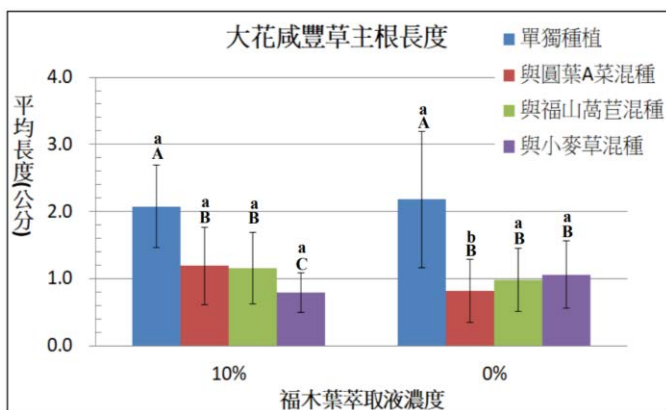


圖 34 福木葉萃取液對各種不同種植方式的大花咸豐草主根生長的影響。不同大寫字母表示相同濃度萃取液處理不同種植方式的顯著性差異，不同小寫字母表示相同種植方式、不同濃度萃取液處理的顯著性差異(p < 0.05)

圖 35 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)

五、福木葉萃取液與大花咸豐草萃取液相剋作用能力評比

(一)種子萌發抑制率計算

本實驗的計算公式如下：(陳奕竹，2011)

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

計算結果如表一所示，再依萃取液的種類分別繪製圖 36、圖 37，探討大花咸豐草萃取液與福木葉萃取液各自針對不同植物的抑制效果如何。

表一 大花咸豐草與福木葉兩種植物萃取液對四種植物種子萌發的平均抑制率。不同字母表示以不同種類萃取液但相同濃度處理相同植物間的顯著性差異(p < 0.05)

萃取液濃度(%)	圓葉 A 菜		福山萵苣		小麥草		大花咸豐草	
	植物		植物		植物		植物	
	大花咸豐草萃取液	福木葉萃取液	大花咸豐草萃取液	福木葉萃取液	大花咸豐草萃取液	福木葉萃取液	大花咸豐草萃取液	福木葉萃取液
2.5	14.65 ^a	21.39 ^a	6.05 ^a	4.99 ^a	5.99 ^a	5.85 ^a	7.37 ^a	21.13 ^a
5	23.59 ^a	24.45 ^a	3.86 ^a	12.73 ^b	9.16 ^a	9.11 ^a	9.34 ^a	56.54 ^b
10	22.37 ^a	42.93 ^b	5.20 ^a	23.79 ^b	16.88 ^a	25.89 ^b	12.87 ^a	86.34 ^b

(二)大花咸豐草萃取液與福木葉萃取液對各實驗植物種子萌發之抑制情形

結合圖 6、7、9、10 與圖 36 的分析，可發現我們的四種實驗植物種子萌發都會受到大花咸豐草萃取液的抑制，其中又以圓葉 A 菜最為明顯，小麥草與大花咸豐草的種子則是在 10% 的萃取液處理下，種子萌發被抑制的情形才會較明顯。四種實驗植物中以福山萵苣對大花咸豐草萃取液最為不敏感，大花咸豐草萃取液對福山萵苣雖一樣具有抑制效果，但在 10% 以內很難看到有更強的抑制效果出現。

福木葉萃取液與大花咸豐草萃取液相同之處就是對四種實驗植物種子的萌發也都具有抑制的效果，不同的是隨著萃取液濃度由 5% 增加到 10% 時，福木葉萃取液的抑制效果也隨之增加(圖 36、圖 37)。若比較圓葉 A 菜、福山萵苣與小麥草三種作物的種子反應，仍以圓葉 A 菜被抑制的最為明顯，連原本對大花咸豐草萃取液不太敏感的福山萵苣，在福木葉萃取液的作用下，種子萌發也隨著萃取液的濃度增加而被抑制得更為嚴重。

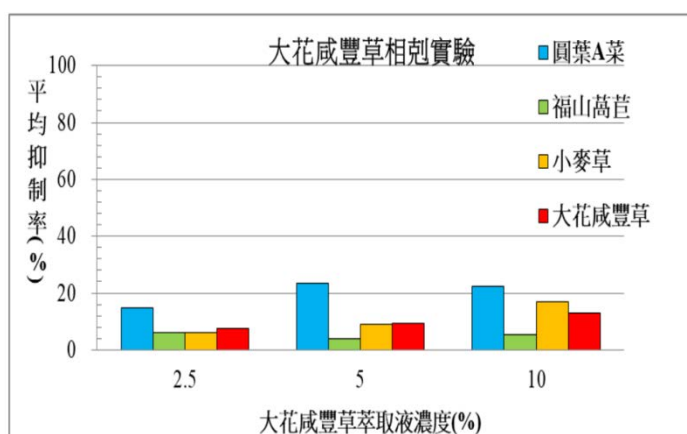


圖 36 大花咸豐草 2.5%、5%、10% 萃取液對四種植物種子萌發的抑制情形

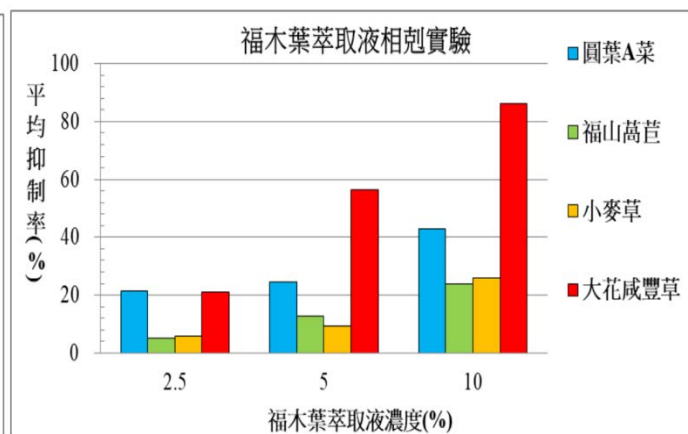


圖 37 福木葉 2.5%、5%、10% 萃取液對四種植物種子萌發的抑制情形

根據相同植物使用相同濃度、不同種類萃取液處理的平均抑制率進行差異性評估(t-test)的結果(表一)，將大花咸豐草萃取液與福木葉萃取液對同種植物的種子萌發抑制能力繪製成勝負圖(圖 38)，可發現福木葉萃取液對四種實驗植物種子萌發的抑制效果不是與大花咸豐草萃取液無顯著差異，就是優於大花咸豐草萃取液。



圖 38 大花咸豐草萃取液與福木葉萃取液對四種實驗植物的種子萌發抑制能力勝負結果。未列出的部分為兩種萃取液平手(抑制能力無差異性存在)。

伍、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，才易看出照光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種子。

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、福木葉萃取液與大花咸豐草萃取液相剋作用能力評比

大花咸豐草以殘體分解為最主要的相剋作用進行途徑(薛銘童，2021)，所以本研究使用「整株大花咸豐草」剪切碎段再行浸泡，以此方式製備萃取液。殘體分解釋出的主要化感物質應為酚類，酚類化合物被證實是相剋活性較強的一類(薛銘童，2021)。我們的研究結果顯示大花咸豐草萃取液濃度即使僅有 2.5%，都能抑制圓葉 A 菜、福山萵苣與小麥草的種子萌發，但此三種植物種子對大花咸豐草萃取液的敏感度不同，圓葉 A 菜之種子萌發受到的影

響最大、小麥草次之，福山萵苣雖也受到抑制，但影響不如圓葉 A 菜與小麥草大。此外，大花咸豐草也會對同族群種子萌發產生抑制，但濃度需提高到 10%才具有顯著的抑制效果。

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。

因福木葉萃取液與大花咸豐草萃取液對四種實驗植物種子萌發都有抑制效果，故進行兩者的差異性評估(表一)，結果發現相同濃度的福木葉萃取液對四種實驗植物種子萌發的抑制效果不是與大花咸豐草萃取液無顯著差異，就是優於大花咸豐草萃取液。

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。所以我們進一步探討以針對此四種實驗植物為例，福木葉萃取液是否具有作為生物除草劑之可行性。

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

(一) 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二與表三。

表二 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)

根據表二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 等人的研究發現，於稻田中使用大花咸豐草的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% (Khanh et al, 2009)，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。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*) 的胚根和胚莖的長度，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。

表三 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)

根據表二表三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。

(二)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。

植物相剋作用的生理機轉有幾種影響方式，包括影響細胞膜功能；影響各種生理、生化代謝反應；抑制粒線體的電子傳遞從而影響植物的呼吸作用，降低酶的活性與功能，促進或抑制受體的激素代謝.....等(袁秋英, 2016)，不同的相剋物質其影響層面也不盡相同，因此，未來的研究方向包括：

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
4. 福木葉萃取液發展成生物除草劑之製程技術發展

陸、結論

為測試大花咸豐草萃取液與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，大花咸豐草萃取液對圓葉 A 菜、福山萵苣與小麥草三種實驗植物的種子都有抑制萌發的效果，對同族群的大花咸豐草種子亦有抑制效果。2.5%、5%與 10%的福木葉萃取液也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，則抑制效果比抑制三種作物更為明顯。

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成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。

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。

柒、參考資料

- 王月雲、陳是瑩、童武夫(1996)。植物生理學實驗。(93-95 頁)藝軒圖書出版社。
- 江怡睿(2002)。 *Endo- β -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 ,

ernardPrévosto , AmélieSaunier , VirginieBaldy 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

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>

Hiroyuki Minami, Emi Takahashi, Mitsuaki Kodama, Yoshiyasu Fukuyama .1996.Three xanthones 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

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

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>

洪銘成(2010)。野草惡勢力 大花咸豐草。《經典雜誌》，第 149 期。取自 <http://www.rhythmsmonthly.com/?p=10410>

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

【評語】 052208

一、研究主題：探究福木葉萃取液做為生物除草劑應用於農田中的可行性，題目具新穎性與未來應用的參考性。

二、創意、學術或實用價值：大花咸豐草為路邊或田間常見野草，繁殖力強。本作品探討以福木葉萃取液抑制大花咸豐草的可行性，發現確實福木葉萃取物具有顯著抑制咸豐草種子萌發的效果，具有實用性與科學價值。

三、科學方法之適切性：

1. 本研究製備大花咸豐草萃取液與福木葉萃取液的方法需要再述明。若採用不同的萃取方法亦需要說明理由。
2. 大花咸豐草是否是農地種植圓葉 A 菜，小麥草或福山葛苣常見之共生野草？
3. 未來如果可以探究福木葉萃取液之有效成分為何，更具科學價值。
4. 10%福木葉萃取液的處理可以顯著抑制大花咸豐草的生長，如果跟用除草機直接除去大花咸豐草來比較，哪種方式較為經濟與實用？

四、展示及表達能力：

1. 本研究的報告與結果整理邏輯清楚，容易瞭解，唯小部分實驗結果顯著差異分析標示宜加強（圖 32）。

2. 文獻探討建議以段落方式撰寫，增加背景內容以及可讀性。
3. 福木之正確學名應該要標示。

作品簡報

福木葉萃取液應用於 生物除草劑之可行性評估

高級中等學校組
農業與食品學科

前言

◆文獻探討：

- ✓ 大花咸豐草相剋作用：透過淋溶、揮發、根分泌及殘體分解(主要)釋出化感物質(薛銘童，2021)
- ✓ 福木木材：多種氧雜蒽酮(xanthones)進行相剋作用(Hiroyuki Minami et al,1996)
- ✓ 福木屬的大葉藤黃(*Garcinia Xanthochymus* Hook)葉萃取液中具有化感物質(Md. Mahfuzur Rob et al,2019)。

◆研究目的：

探究福木葉萃取液做為生物除草劑應用於農田中的可行性：找出其對作物生長發育影響最小化的同時，能對雜草 - 大花咸豐草種子萌發與幼苗生長達到最大抑制效果之使用方法。

最佳萌發條件測試

小麥草

福山萵苣
圓葉A菜

大花
咸豐草

浸潤
時間

光照

浸潤
時間

光照

浸潤
水量

培養24小時後
計算種子萌發率

照光培養6天
後計算萌發率

相剋作用探究

大花咸豐草
植株萃取液

福木葉萃取液

種子測試

幼苗生長測試

分別以兩種萃取液
0%、2.5%、5%及
10%(w/v)四種濃度作
為各組種子的浸潤液

大花咸豐草分別與圓葉
A菜、福山萵苣、小麥
草**混合栽種**以模擬農田
中作物與雜草競爭

四種實驗
植物分別
單獨種植

以各種子最佳萌發條件做為控制變因，進行大花咸豐草、福木對實驗植物種子的相剋作用實驗。

以0%及10%(W/V)福木葉萃取液兩種濃度處理實驗植物幼苗

計算各組萌發率，分析、探討福木葉萃取液與大花咸豐草植株萃取液對實驗植物種子萌發之影響

記錄各實驗植物的植株根系乾重、根長、支根(不定根)數目與植株高度，並測定葉中的葉綠素吸光值，以了解10%(W/V)福木葉萃取液對各實驗植物幼苗生長的影響

評估福木葉萃取液作為抑制大花咸豐草的生物除草劑之可行性

研究結果-最佳浸潤條件

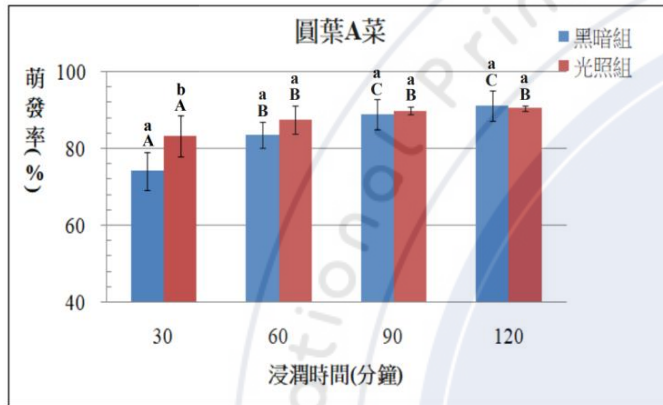


圖2 浸潤時間、照光對圓葉A菜種子萌發的影響。不同大寫字母表示相同光照處理、不同浸潤時間處理間的顯著性差異，不同小寫字母表示相同浸潤時間、不同光照處理間的顯著性差異($p < 0.05$)

◆ 圓葉A菜：
全日照/120min

◆ 福山萵苣：
全日照/30min

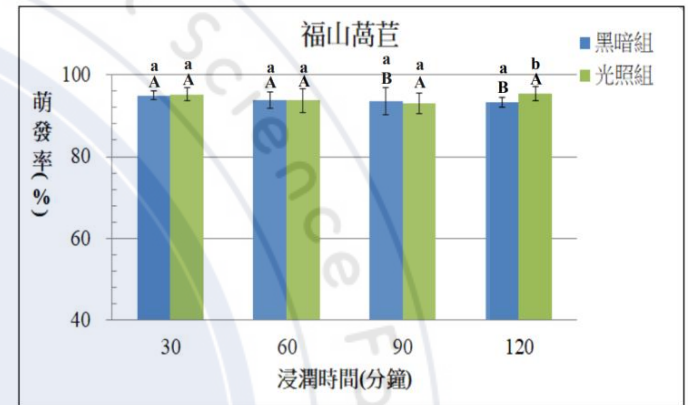


圖3 浸潤時間、照光對福山萵苣種子萌發的影響。不同大寫字母表示相同光照處理、不同浸潤時間處理間的顯著性差異，不同小寫字母表示相同浸潤時間、不同光照處理間的顯著性差異($p < 0.05$)

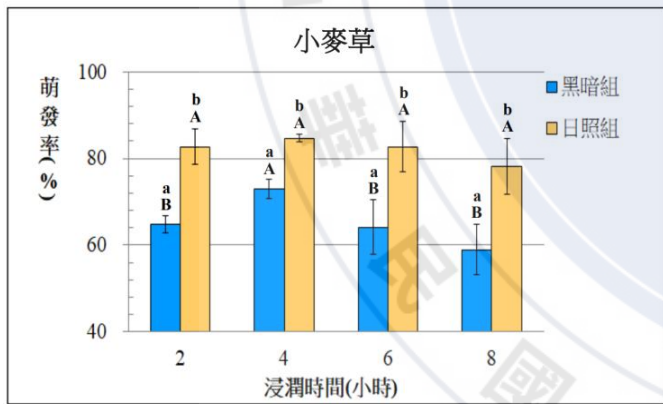


圖4 浸潤時間、照光對小麥草種子萌發的影響。不同大寫字母表示相同光照處理、不同浸潤時間處理間的顯著性差異，不同小寫字母表示相同浸潤時間、不同光照處理間的顯著性差異($p < 0.05$)

◆ 小麥草：
全日照/4hr

◆ 大花咸豐草：
全日照/4ml

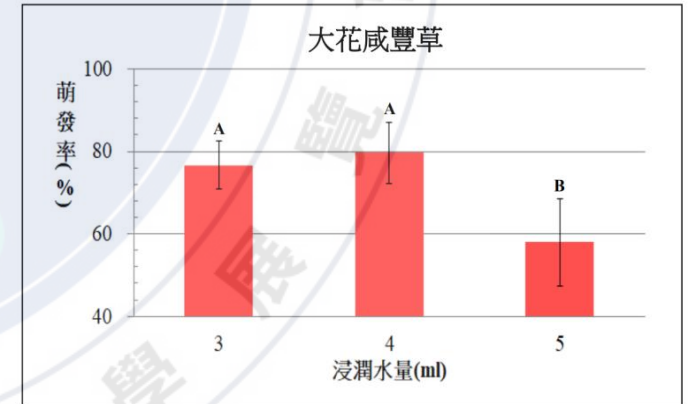


圖5 不同浸潤水量對大花咸豐草種子萌發的影響。不同字母表示不同浸潤水量處理間的顯著性差異 ($p < 0.05$)

研究結果-兩種萃取液抑制作用

◆ 大花咸豐草萃取液：圓葉A菜 > 小麥草 = 大花咸豐草 > 福山萵苣

◆ 10%福木葉萃取液：大花咸豐草 > 圓葉A菜 > 小麥草 = 福山萵苣

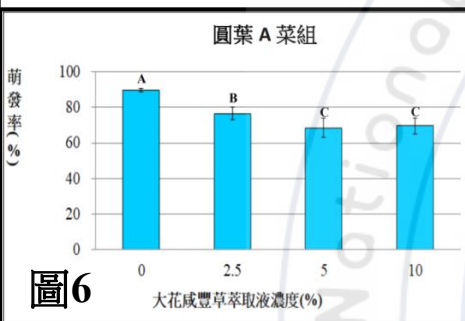


圖6

圖6 ~ 10 不同濃度之大花咸豐草萃取液對各植物種子萌發的影響。

圖11 ~ 14 不同濃度之福木葉萃取液對各植物種子萌發的影響。

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)

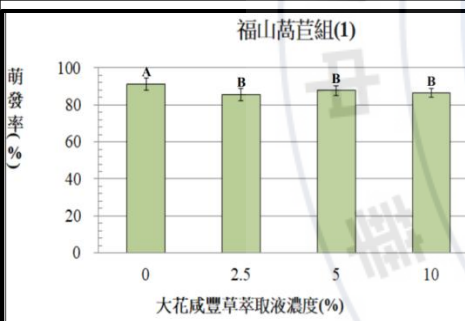


圖7

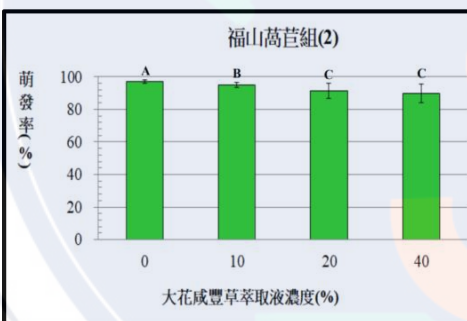


圖8

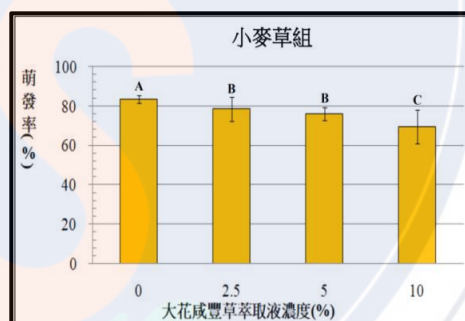


圖9

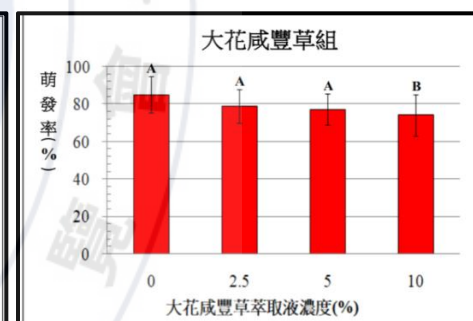


圖10

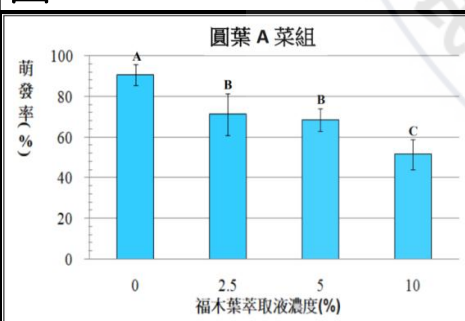


圖11

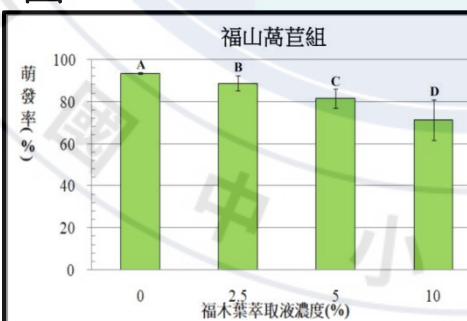


圖12

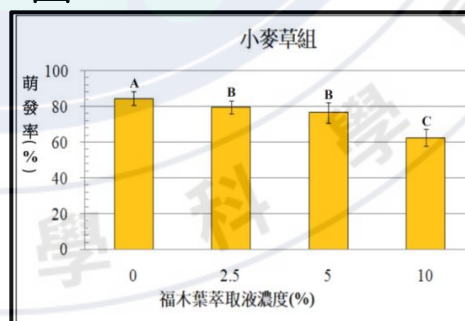


圖13

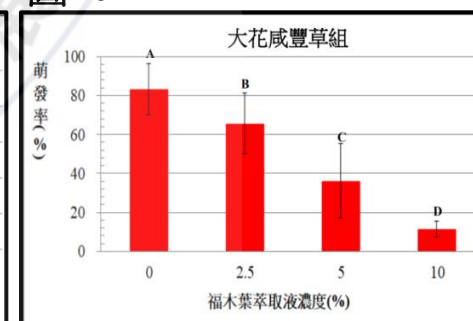


圖14

研究結果-福木葉萃取液對圓葉A菜幼苗生長的影响

◆ 與大花咸豐草之競爭 > 競爭+相剋作用 > 福木葉萃取液之相剋作用

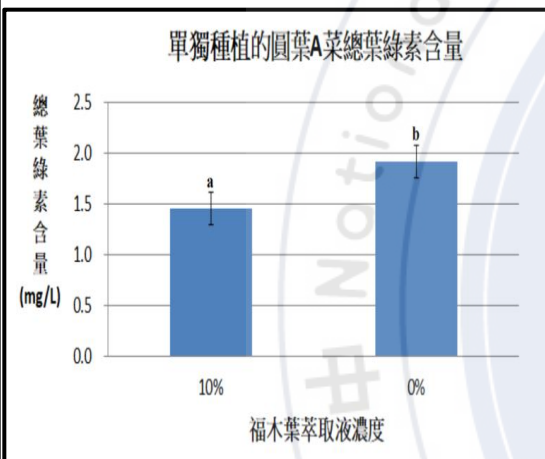


圖15

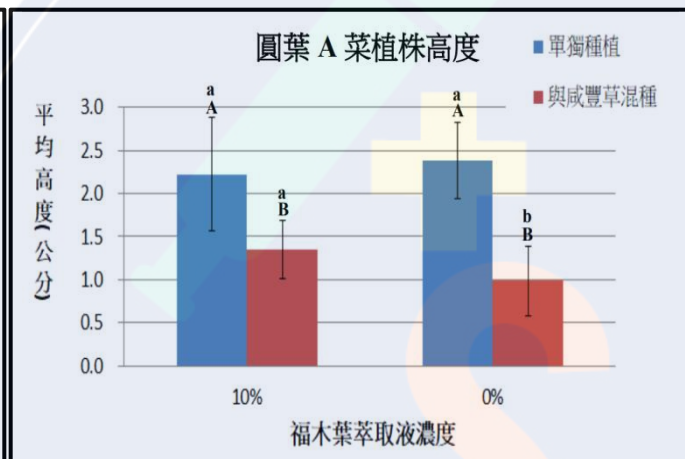


圖17

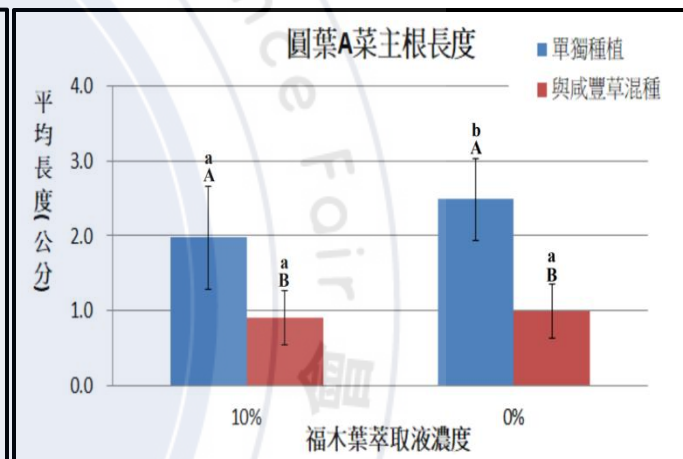


圖18

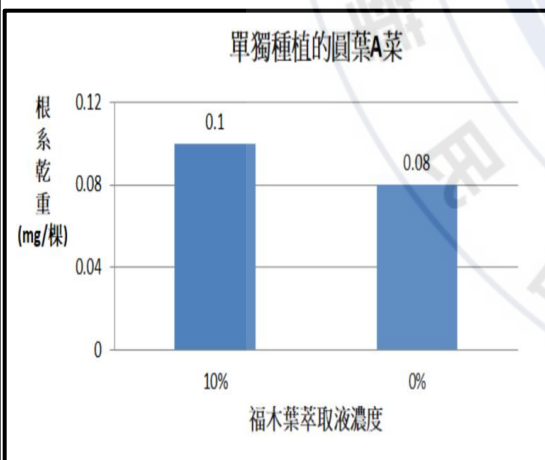


圖16

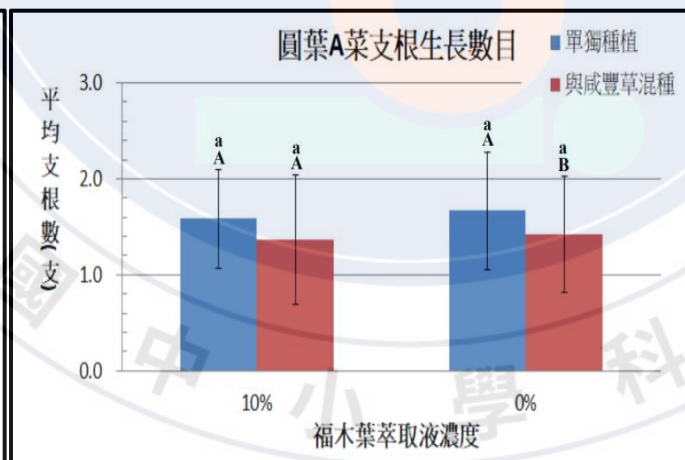


圖19

圖15 ~ 19

福木葉萃取液對圓葉A菜幼苗生長的影响。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($p < 0.05$)

研究結果-福木葉萃取液對福山萵苣幼苗生長的影响

◆ 與大花咸豐草之競爭 > 競爭+相剋作用 > 福木葉萃取液之相剋作用

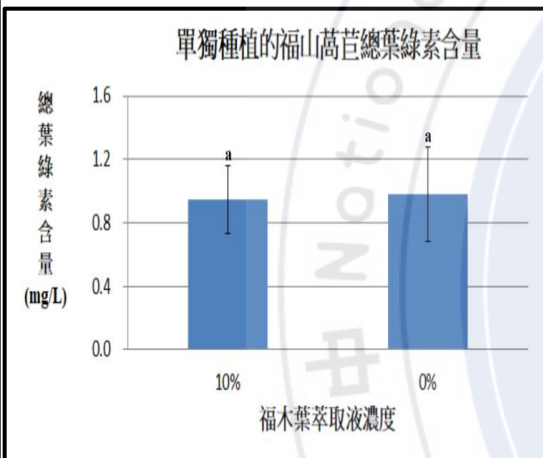


圖20

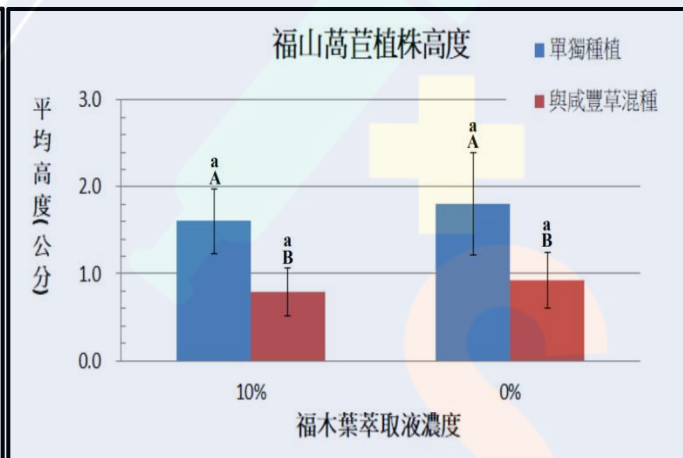


圖22

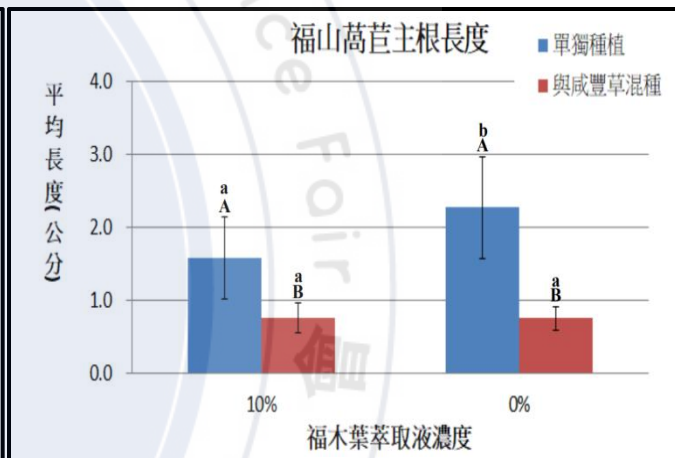


圖23

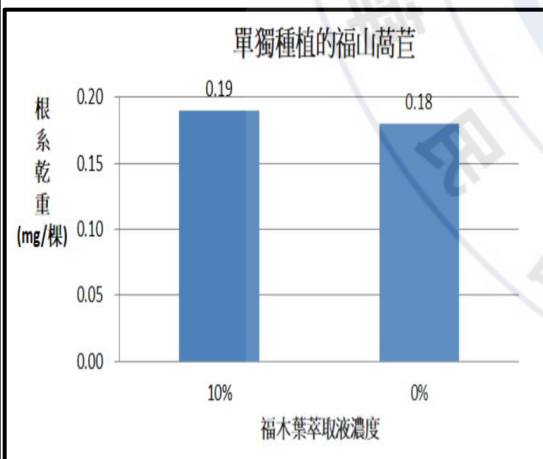


圖21

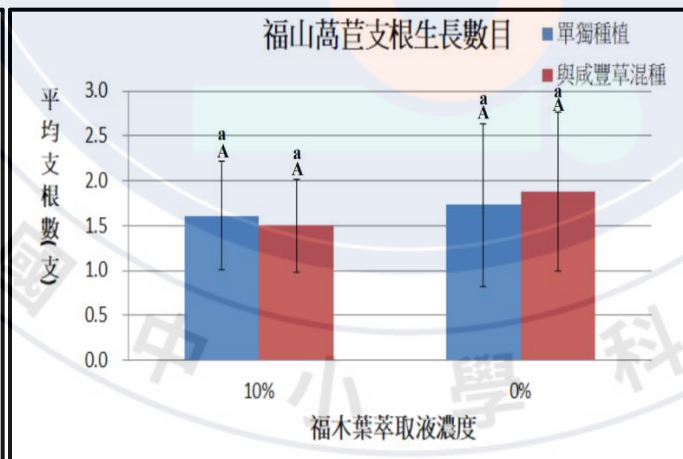


圖24

圖20 ~ 24

福木葉萃取液對福山萵苣幼苗生長的影响。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)

研究結果-福木葉萃取液對小麥草幼苗生長的影响

◆ 福木葉萃取液之相剋作用 > 與大花咸豐草之競爭 > 競爭+相剋作用
 促進小麥草生長

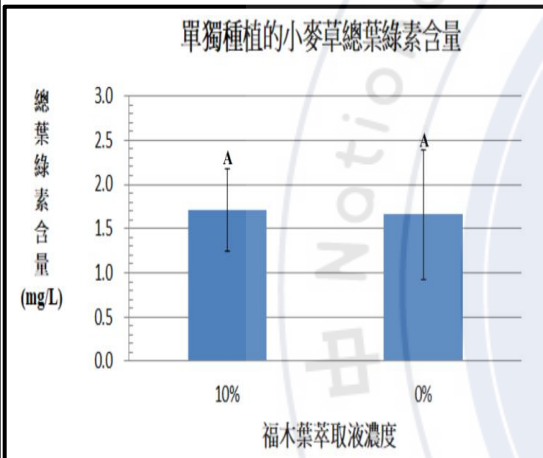


圖25

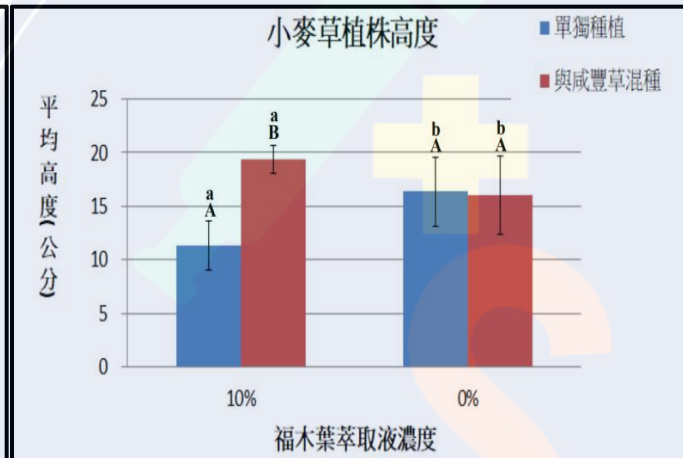


圖28

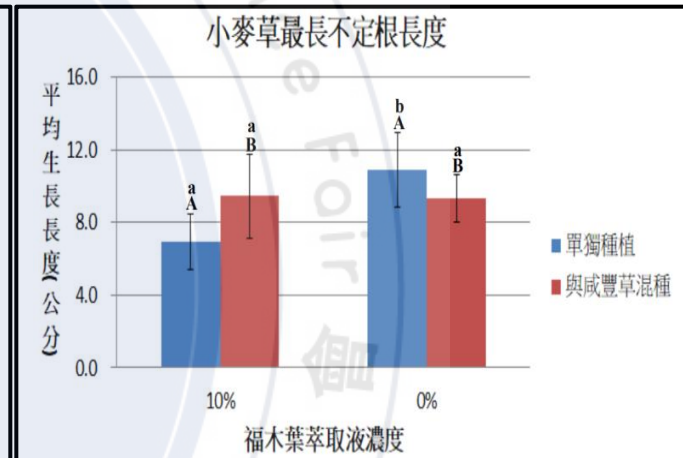


圖29

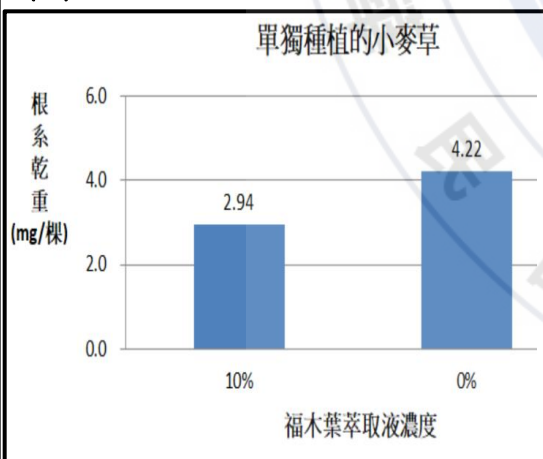


圖26

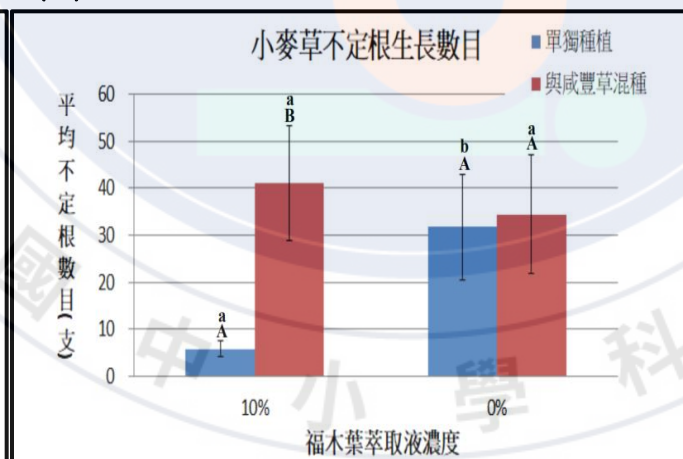


圖30

圖25 ~ 30

福木葉萃取液對小麥草幼苗生長的影响。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)

研究結果-福木葉萃取液對大花咸豐草 幼苗生長的影響

◆ 單獨種植：福木葉萃取液可抑制大花咸豐草幼苗生長

◆ 與作物混種：競爭造成大花咸豐草植株與主根生長的抑制

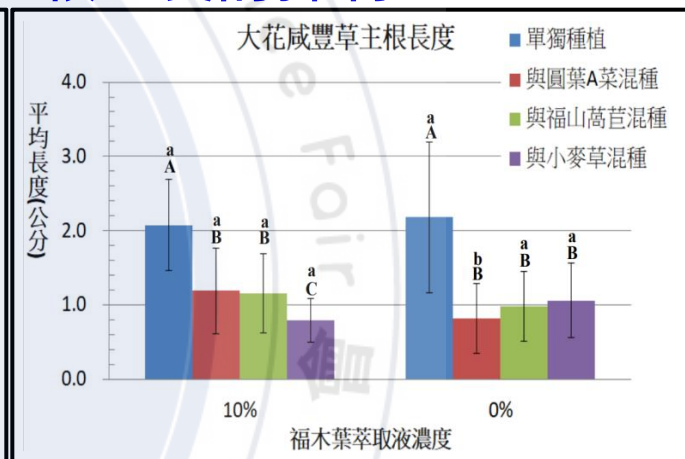
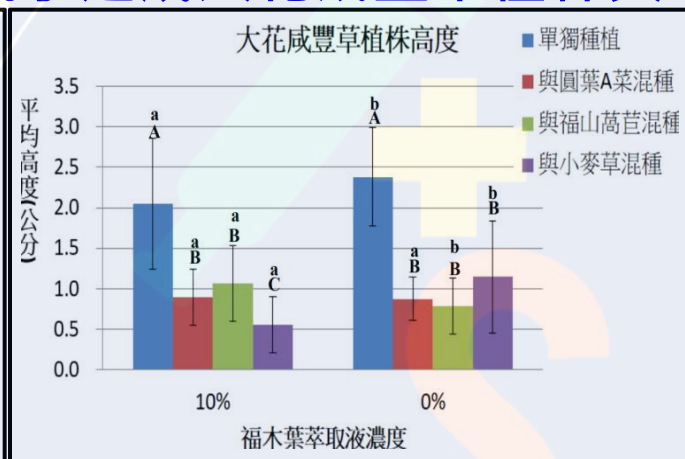
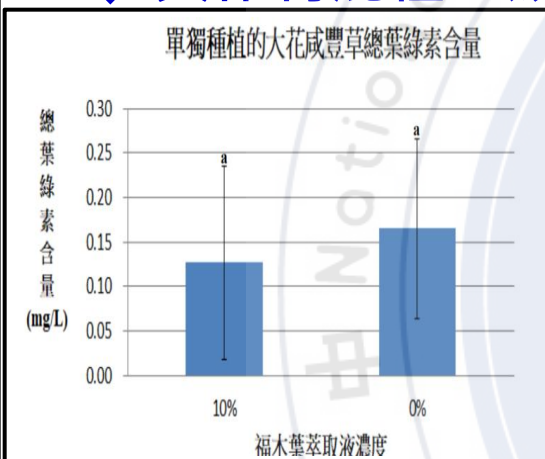


圖31

圖33

圖34

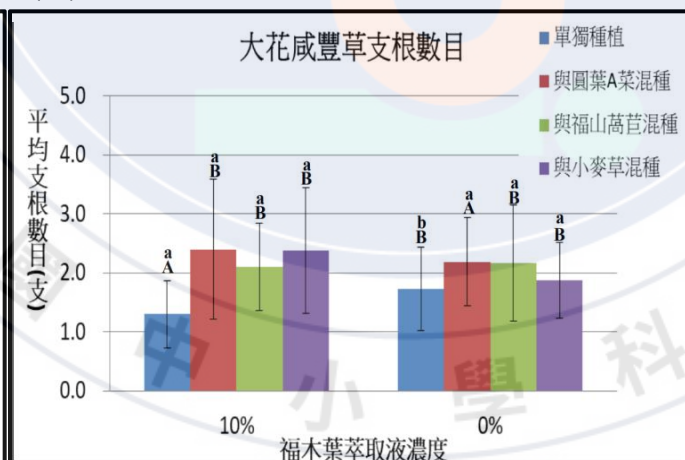
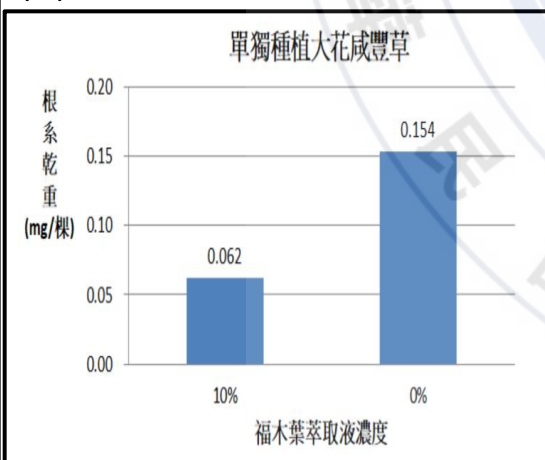


圖31 ~ 35

福木葉萃取液對大花咸豐草幼苗生長的影響。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)

圖32

圖35

研究結果整理

大花咸豐草萃取液

福木葉萃取液

萃取液	植物	結果
5%	福山萵苣	勝
	大花咸豐草	勝
10%	小麥草	勝
	圓葉A菜	勝
	福山萵苣	勝
	大花咸豐草	勝

◆ 二種萵苣與大花咸豐草之競爭會抑制作物生長

→ 播種前使用福木葉萃取液

◆ 小麥草：競爭+相剋作用會促進小麥草生長

→ 作物與大花咸豐草叢生後施用福木葉萃取液

圖38 大花咸豐草萃取液與福木葉萃取液對四種實驗植物的種子萌發抑制能力勝負結果。未列出的部分為兩種萃取液平手(抑制能力無差異性存在)。

表二 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) (○代表有促進效果、△代表無顯著差異、×代表有抑制現象)

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	△	△	△	△	△	△	×	○	△

表三 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) (○代表有促進效果、△代表無顯著差異、×代表有抑制現象)

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	×	○	○	△	△	△	△

結論

- ◆ 2.5%、5%與10%的福木葉萃取液能抑制圓葉A菜、福山萵苣與小麥草種子的萌發，而大花咸豐草種子則被抑制的更為明顯。
- ◆ 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
- ◆ 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
- ◆ 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
- ◆ 評估福木葉萃取液作為生物除草劑之可行性，我們建議：
 - 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。
 - 小麥草田可於田間大花咸豐草叢生後再使用10%福木葉萃取液，如此可抑制大花咸豐草的生長，還可促進小麥草成長。
 - 若大花咸豐草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。

參考資料

- * 王月雲、陳是瑩、童武夫(1996)。植物生理學實驗。(93-95頁)藝軒圖書出版社。
- * 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性試驗所技術專刊第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
- * 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。
- * A. S. Nangare and V. D. 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.
- * C. Fernandez, Y.Monnier, M.Santonja , C.Gallet , L. A.Weston , E.Prévosto , A.Saunier , V.Baldy and A.B.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
- * H. Minami, E. Takahashi, M. Kodama, Y. Fukuyama .1996.Three xanthones from *Garcinia subelliptica*. *Phytochemistry*, 41(2) : 629-633.
- * M. M. Rob and H. K.Noguchi .2019.Study of the allelopathic activity of *Garcinia pedunculata* Roxb. *POJ* 12(01):31-36. doi: 10.21475/poj.12.01.19.pt1773