

中華民國第 59 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

052107

無往不「剋」—毒他作用對外來種的影響

學校名稱：新北市立樹林高級中學

作者： 高二 楊 萱 高二 陳姿樺 高二 李佳樺	指導老師： 陳威延 黃寶如
---	-----------------------------

關鍵詞：毒他作用、外來種

摘要

目前外來種全台蔓延，造成許多原生種的破壞，現今以人力拔除居多，較費時費力，且多對環境有害。毒他作用是指植物在代謝過程中所產生的次級代謝物，藉淋溶、揮發、植物殘留分解、根泌等作用，造成對其他植物生長發育的抑制。我們希望藉此作用對外來種抑制生長。首次實驗採用血桐和榕樹的枯葉，進行粗萃取。並將粗萃取液澆在大花咸豐草所在的土壤。結果顯示 7.5% 的血桐溶液並未造成抑制效果，10% 及 12.5% 血桐溶液的大花咸豐草葉子有明顯枯萎，並不會開花。榕樹溶液對大花咸豐草有嚴重蟲害，因此無法看到準確結果。再次實驗中鑑於土壤顏色的差異，可能是土壤內的菌相改變，進而導致植株生長不佳，這些澆過毒他植物溶液的土壤確實會改變原本土壤菌相的數量。

壹、研究動機

在校園內，植物到處可見，不管是大樹，還是矮木灌叢都會聚集在一起，並伴隨著許多雜草，不過卻發現血桐及榕樹他們的周遭並沒有其他雜草，只有他們本身的落葉聚集在他們周圍，而資料告訴我們這是毒他植物，他們會抑制周遭植物的生長，這顯然是植物的一種生存策略，而這時我們想到令人頭疼的外來種，或許我們可以利用毒他作用的方式來抑制他們，而大花咸豐草是我們最初的實驗對象，我們希望利用這個實驗結果，之後來做對其他外來種更進一步的衍生。

對應章節：基礎生物上 第二章 植物的構造與功能

選修生物上 第四章 植物的生殖與生長

貳、研究目的

- 一、不同植物的毒他物質對大花咸豐草造成的影響
- 二、不同毒他物質的萃取液濃度是否會造成不同效果
- 三、溶液是否會改變土壤菌相

參、研究設備及器材

一、使用器材:

			
100ml 量筒(數個)	果汁機	紗布(數個)	塑膠杯(數個)
			
電子秤	刮勺	滴管(數個)	500ml 燒杯(數個)

二、研究植物種類：

	
---	--

<p>榕樹</p> <p>Moraceae 榕屬 Ficus 常綠大喬木；氣根多而下垂，如長入土中粗似支柱；深綠色卵形全緣革質葉子，長4—8厘米，基部楔形，羽狀脈；近扁球形隱花果生於葉腋，直徑約8毫米。</p>	<p>血桐</p> <p>「大戟科血桐屬。分布臺灣全島平地至山麓，多見於次生林中或荒廢地。陽性樹，耐旱。」血桐為荒野地區的先驅植物，繁殖速度快且加上種子傳播媒介的協助，很快就可以佔領一塊寶地。因此血桐利用毒他作用來抑制林木下方雜草，造成沒有雜草在此生長的原因。</p>
---	--

三、植物相剋作用簡介

植物相剋作用(Allelopathy)是指植物在生長的過程，經代謝產生出某些種化學物質，這些化學物質會抑制植物的種子萌發、植株生長或開花結果等，避免其他植物競爭共同資源，可說是一種植物競爭求生存的方式。

植物相剋化合物的作用途徑：

(一)淋溶作用 (Leaching)

植物之活體或枯落物所分泌之化合物經由降雨淋洗而進入土壤，為主要抑制作用，以水溶性化合物為主，包括類黃酮素、酚酸，以及生物鹼等。

(二)揮發作用 (Volatilization)

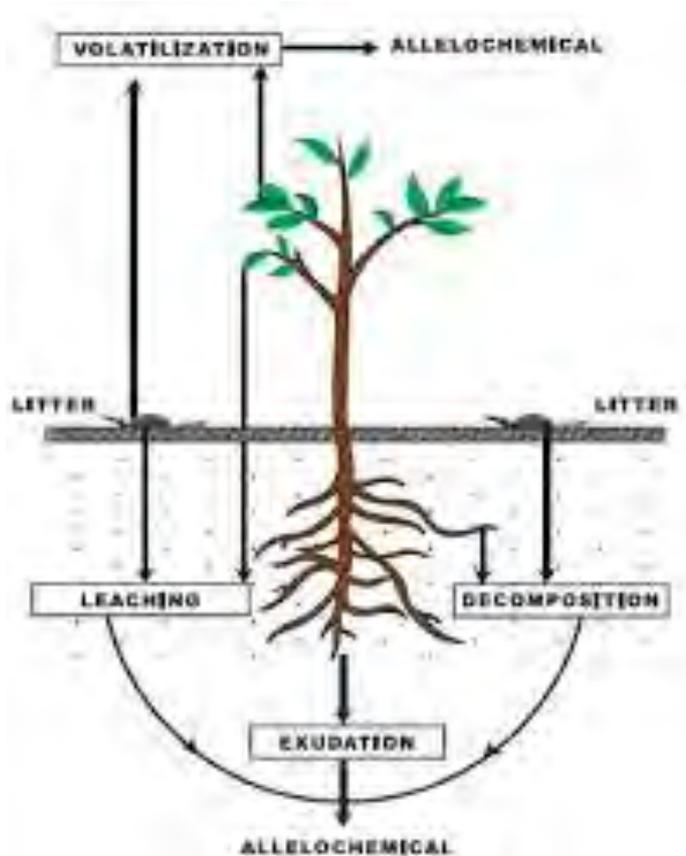
植物利用主動運輸或擴散將代謝物藉由根泌或點泌的作用排至植物體外。此代謝物質有時會抑制鄰近該植物的其他植物個體的生長。

(三)植物殘留分解作用 (Decomposition of plant residues)

枯落物經一段時間後，開始進行分解，腐化初期所產生之酚類化合物，對植物生長有不良影響。

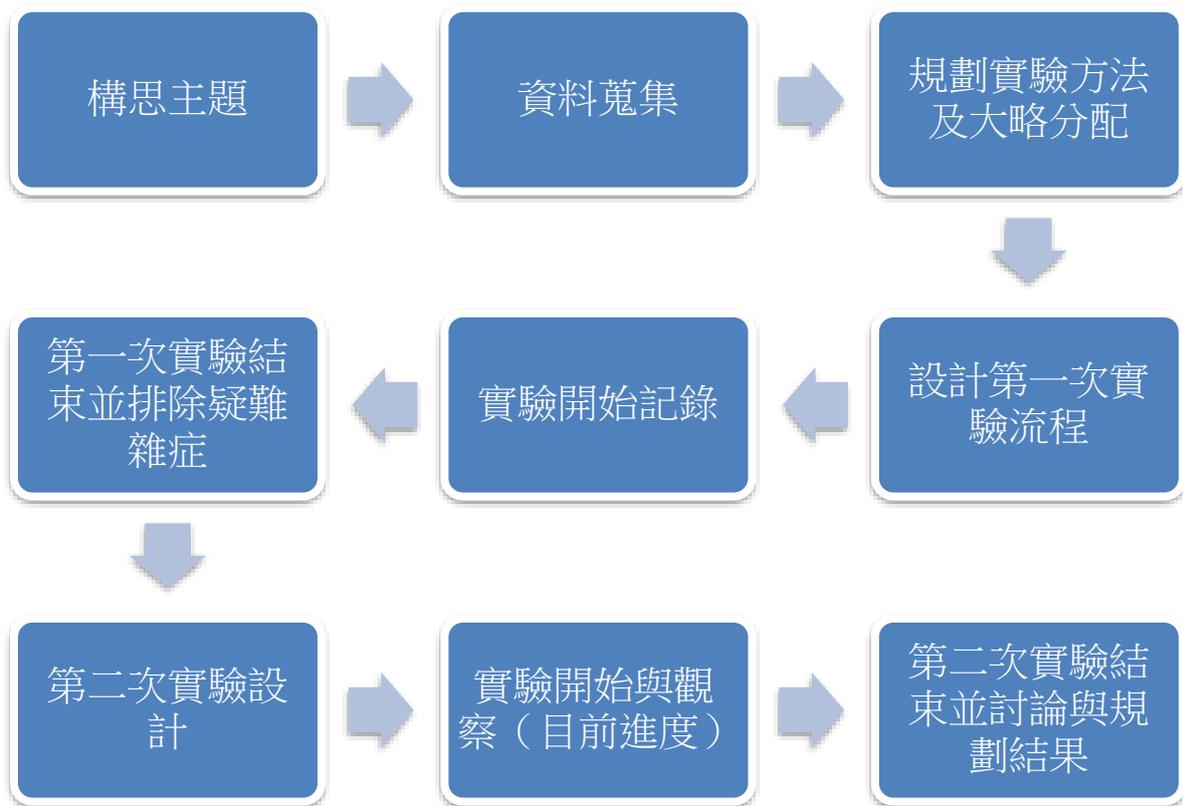
(四)根泌作用 (Root exudation)

植物之活體或枯落物所含低沸點之揮發物質，在適當溫度下所產生的作用。內陸地區空氣較為乾燥，植物通常釋放出化合物，為抑制其他種植物生長之方法之一。



肆、研究過程或方法

一、研究過程



二、摘採原料



三、第一次實驗設計

(一) 使用三種濃度的溶液

1. 先把血桐葉片剪碎，秤重成 7.5 克、10 克、12.5 克，因為是枯葉，所以我們在攪拌的時候會直接加水，分別為 92.5 毫升、90 毫升、87.5 毫升的水。配成 7.5%、10%、12.5%的粗萃取液。
2. 將攪拌好的粗萃取液用紗布去除葉渣。

(二) 分配：

1. 尋找校園可用的大花咸豐草，利用盆栽栽培，並且生長環境、日照、植株必須相似。
2. 移植到盆栽中（連根挖起），利用兩星期的時間來適應盆栽環境。
拿 2 個盆栽，分別是血桐溶液、榕樹溶液等，且用塑膠不透水的隔板將不同濃度溶液阻隔，利用 3 個隔板形成 4 個空間。第一個是對照組，其後為實驗組，並依序為澆灌。以 7.5%、10%、12.5%表示，如下圖：

濃度/ 植物	血桐	榕樹
對照組	未澆灌	未澆灌
7.5%	92.5 毫升水 7.5 克葉	92.5 毫升水 7.5 克葉
10%	90 毫升水 10 克葉	90 毫升水 10 克葉
12.5%	87.5 毫升水 12.5 克葉	87.5 毫升水 12.5 克葉



3. 因為葉片的大小不一且數量繁多，所以我們一開始在挑選時會儘量找數量、大小相似之植株。以避免變因不同而無法比較。

(三)、澆灌

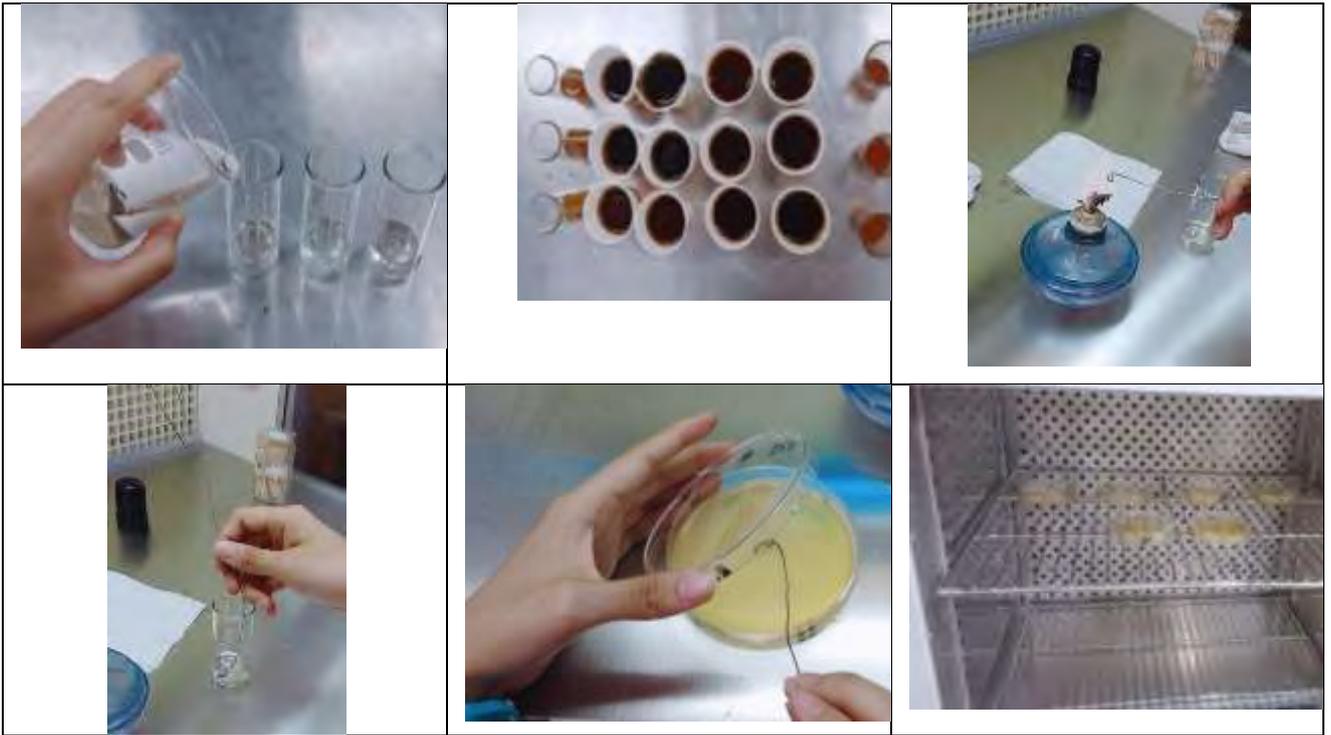
1. 注意天氣的潮濕與否，因為下雨的水可能會淡化我們調配的濃度。
2. 三天澆一次毒他植物溶液，下午放學的時候則是水。
3. 假設先噴 7.5%的在盆栽中，如果他過幾天後就枯死了，我們就可以捨棄 10%，12.5%的溶液，進而去尋找比 7.5%更小的溶液值，依序推演，直到找到最精確的濃度數據

四、第二次實驗設計

(一) 準備七個培養基

1. 首先，先挖一克的土加五十克的水
2. 接著倒出 7 毫升土壤水分別倒在不同的容器內，在加上 3 毫升的各濃度毒他溶液。
3. 最後在無菌台上，利用火烤過的軟鐵絲沾取各濃度溶液的土壤水，塗在我們培養基上。

(二) 放入培養箱中，將溫度調在 25 度左右



伍、目前研究結果

目前結果顯示 7.5%的血桐溶液並沒有太大作用，盆栽內的大花咸豐草還是有開花，所以我們推測 7.5%血桐溶液對大花咸豐草的抑制沒效。

血桐溶液實驗



圖一
澆血桐溶液後的第三天，實驗組的土壤開始變黑。



圖二
到了第六天澆 10%及 12.5%血桐溶液的大花咸豐草葉片開始下垂、落葉。



圖三

圖四

圖三左一對照組與圖四右一 7.5%，目測並無太大的差異。

榕樹溶液實驗



圖五

圖六

榕樹打出來的溶液與血桐不同的是有大量的泡沫。



圖七



圖八

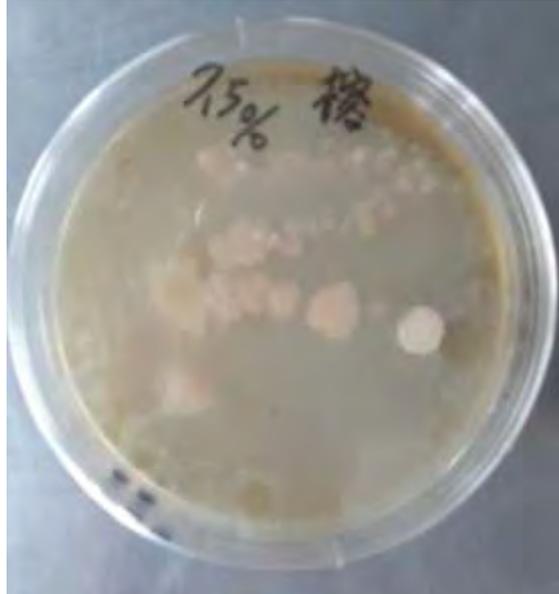
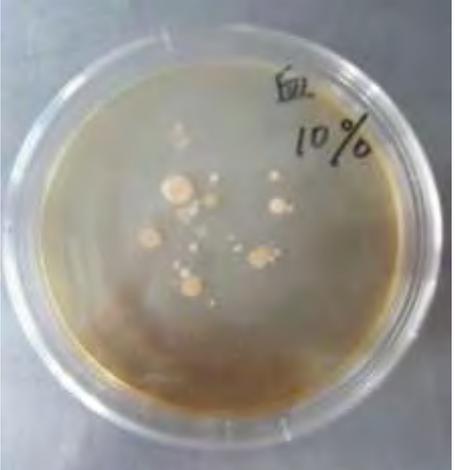
圖六、圖七、圖八澆榕樹溶液數周後，開始出現粉介殼蟲。

粉介殼蟲：成蟲喜歡棲居於枝椏、葉背、葉腋及果實等部位，吸食植株養液，分泌大量蜜露引發煤煙病，污染葉片與果實，影響光合作用，致被害枝葉生長不良，提早落葉、落果。若蟲能分泌蜜露致誘煤煙病發生，並常招引螞蟻舐食共生，螞蟻則會驅逐天敵以保護粉介殼蟲。我們推測昆蟲是否是造成植株衰敗因素之一。



圖九

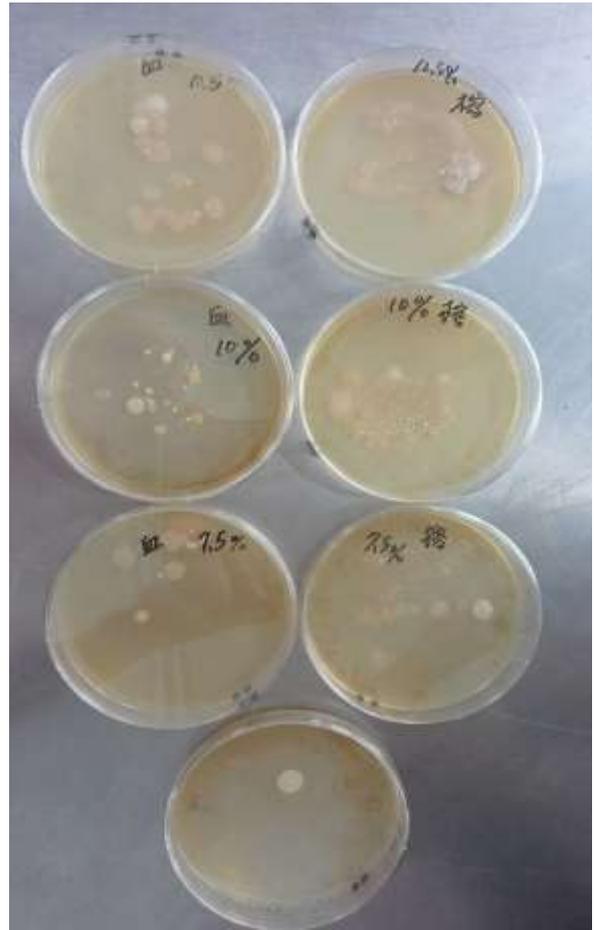
菌相實驗(5 天後)

血桐 7.5%	榕樹 7.5%
 <p>A petri dish containing a yellowish liquid medium. Several small, white, circular bacterial colonies are scattered across the surface. Handwritten in black ink are the characters '血' and '7.5%'.</p>	 <p>A petri dish containing a yellowish liquid medium. Several small, white, circular bacterial colonies are scattered across the surface. Handwritten in black ink are '7.5%' and the character '榕'.</p>
血桐 10%	榕樹 10%
 <p>A petri dish containing a yellowish liquid medium. Several small, white, circular bacterial colonies are scattered across the surface. Handwritten in black ink are the characters '血' and '10%'.</p>	 <p>A petri dish containing a yellowish liquid medium. Several small, white, circular bacterial colonies are scattered across the surface. Handwritten in black ink are '10%' and the character '榕'.</p>
血桐 12.5%	榕樹 12.5%
 <p>A petri dish containing a yellowish liquid medium. Several small, white, circular bacterial colonies are scattered across the surface. Handwritten in black ink are the characters '血' and '12.5%'.</p>	 <p>A petri dish containing a yellowish liquid medium. Several small, white, circular bacterial colonies are scattered across the surface. Handwritten in black ink are '12.5%' and the character '榕'.</p>

圖十血桐與榕樹之菌相比較



圖十一對照組-----完全無添加任何溶液



圖十二

陸、討論

- 一、使用濃度和用量的探討：我們採取 7.5%、10%、12.5%當作溶液濃度的原因是比起其他植物來說，大花咸豐草生命力更為旺盛。所以我們想用較濃的溶液來做抑制。
原本要做 500 公克的溶液，但因天氣因素會導致發霉進而影響實驗準確度，所以我們改變方法以做 100 公克的溶液，且每隔 3 天澆一次。
- 二、榕樹打出來的溶液與血桐不同的是有大量的泡沫，目前推測或許跟成分有關。之後會找更多資料來佐證此泡沫是否和榕樹的毒他成分有關。
- 三、根據圖一和圖二，實驗組有澆過血桐植物溶液的土壤，明顯變黑也比對照組的葉子顯得更加下垂且枯黃可能是因為植物原本的顏色深，表示該 10%血桐溶液有效果。有鑑於實驗組和對照組的土壤顏色的差異，推測是否是土壤內的菌相改變，進而導致植株生長不佳，由此，我們進行了我們的第二次實驗。
- 四、根據圖四，這是 7.5%的血桐溶液。圖二 10%、12.5%的葉子和圖四中的葉子明顯有差異，圖四較為健康且有長花，和對照組長花的數目相似。表示血桐 7.5%，抑制無太大效果。

在第一次實驗中，推測 7.5%以下溶液沒效果，不過有文獻指出 3%到 5%的毒他溶液較為有效，不過他們的實驗對象主要以綠豆為主。雖說這資料與們第一次實驗的推測結果並不相符，但有鑑於大花咸豐草與綠豆的不同，所以他們所使用的濃度也不盡相同。

- 五、圖七、圖八有澆榕樹溶液的盆栽出現蟲害，而這也造成我們在做榕樹溶液實驗的不精確。
- 六、至於第一次實驗中溶液是否滲透到隔壁的疑慮。我們將第一次實驗的盆栽土壤倒出，並觀察溶液只有在表面而已，沒有流入隔壁的跡象，所以可以判定它們沒有互相影響(如圖九)。
- 七、在菌相實驗中，由圖十可觀察血桐的菌較榕樹的菌少。圖十和圖十一相較下，含有毒他植物溶液的菌相(圖十)比土壤水(圖十一)還要更多，由此可證，澆過毒他植物溶液的土壤的確會改變原本土壤菌相的數量。由圖十二可清楚比較有毒他溶液和沒毒他溶液的土壤水兩者明顯的差異。
- 八、應用價值：相較於合成的殺蟲劑或抑制劑之不易分解，相剋化合物可以在自然界被更新及分解，不會因生物濃化作用，對生態產生累積性的負面作用。利用相剋作用的原理於農業生產上，是一種對自然、對環境友善的方法。所以我們在用來對付外來種的型式上，可使用更環保的方式，既不會消耗太多人力，也不會造成汙染。

生物農化：物質逐一轉換循環，能量濃度漸漸降低，但因汙染物不能分解轉化，故其濃度反有增大之現象，至食物鏈末端，其濃度已增高千萬倍，對高級消費造成毒害，此種情形，稱為食物鏈濃化現象，或生物體擴增作用。
- 九、實驗組不多，需再多進行實驗，以確認結果非隨機。

柒、結論

- 一、7.5%的血桐溶液→對大花咸豐草隻生長影響無明顯差異。
- 二、10%的血桐溶液有效果，至於 10%的榕樹溶液有太多變因，需做更多實驗驗證是否有效果，並在第二次實驗中淘汰 7.5%溶液。
- 三、澆過毒他植物溶液的土壤的確會改變原本土壤菌相的數量。

捌、引註資料

- 一、洪昆源(2006)。森林下層植物之相剋作用與生物量關係及其在林業上之應用。
- 二、汪書平、書偉傑(2005)。榕樹粗翠取液對種子萌發及生長之影響。2005 國際科學展覽會。
- 三、徐詩函、游雅鈞、賈藝伊、邱玫瑄。毒他一隱藏的戰爭。第 49 屆中小學科學展覽會作品。
- 四、袁秋英、蔣慕琰。雜草之相剋作用。藥試所專題報導第十六期，8 頁。
- 五、周昌弘、許福星(1991) 覆蓋作物與森林再生之相生相剋作用。
- 六、羅玳、羅巧妤、林雅玲(1996)。從綠竹相剋到殺草劑的應用。第 35 屆科學展覽。

- 七、周昌宏(2006)。植物相剋作用在永續農業之利用。農業廢棄物之利用與環保，103-116 頁。
- 八、莊士朋、陳彥良、陳昱睿(2005) 寸草不生－植物相生相剋作用之探討(第 55 屆中小學科學展覽會作品說明書。)
- 九、盧裔、盧重逸、張馥鏗(2002)。剋敵致勝－植物的相剋作用。(第 52 屆中小學科學展覽會作品。)
- 十、吳麒鈞、陳許正、鄭仲凱 植物的相剋作用淺論
- 十一、張凱鈞、陳建安、陳帛聖 天然雜草抑制劑
- 十二、張和香、陳怡瑄、黃敬喬 「毒」樹－「植」－毒他作用的探討
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/03/2017032716572690.pdf>
- 十三、張美蓮、王慶裕 利用植物剋他物質作為除草劑之探
<http://web.nchu.edu.tw/~wangcylab/allelopathr.pdf>
- 十四、粉介殼蟲
https://www.baphiq.gov.tw/publish/plant_protect_pic_15/P_pdf/02-02.pdf
- 十五、蘇育辰 植物殺手－〈小花蔓澤蘭〉
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2008/03/2008032920515178.pdf>
- 十六、丁于芳、余尚鈺、徐謙 植物葉片萃取液與種子發芽
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/03/2012031917184643.pdf>
- 十七、<https://kknews.cc/zh-tw/science/85l2v9l.html>

【評語】 052107

1. 本研究主要目的在對毒他作用對外來種的影響之探討。以血桐和榕樹枯葉之粗萃取液澆在大花咸豐草所在的土壤，觀察咸豐草之生長。結果發現 10% 及 12.5% 血桐溶液能使大花咸豐草葉子有明顯枯萎，而榕樹溶液對大花咸豐草造成嚴重蟲害，因而無法看獲得結果。
2. 本研究的實驗方式簡易，主要為單純之性狀觀察，較缺具體之結論說明。
3. 研究細菌族群跟細菌數目的方法應多多參考相關的科展作品或科學報告。
4. 如果目的是要用來對付外來種，該有本土植物當作對照組，才能有具體的結論。

摘要

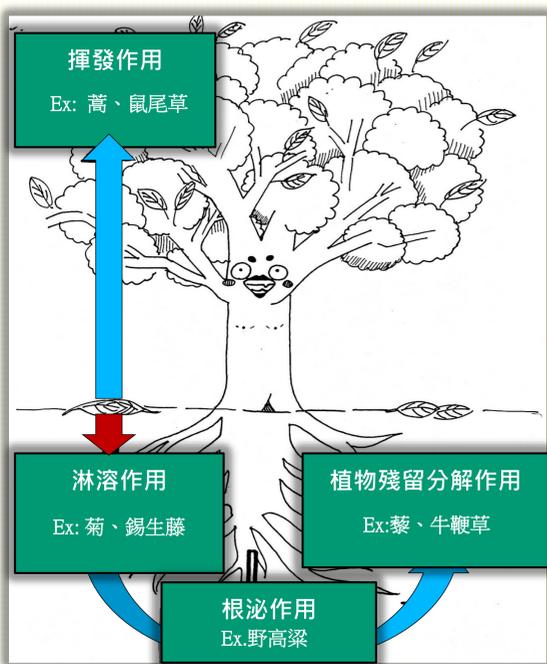
毒他作用是指植物在代謝過程中所產生的次級代謝物，藉由淋溶、揮發、植物殘留分解、及根泌作用對其他植物生長發育的抑制。而目前外來種大區域蔓延，造成許多原生種植物受到影響，現今以人力拔除的方式清除和噴灑化學藥劑居多，較費時費力，也對環境造成汙染，所以希望能藉由毒他作用來對外來種植物做抑制的效果。本實驗採用血桐和榕樹的枯葉，進行粗萃取。並將粗萃取液澆在大花咸豐草所在的土壤，觀察是否達到抑制的效果。淋溶實驗的結果顯示7.5%的血桐溶液並未造成太大的抑制效果，不過澆10%及12.5%血桐溶液的大花咸豐草葉子有明顯枯萎，並不會開花。菌相的實驗是鑑於實驗組和對照組的土壤顏色的差異，推測是否是土壤內的菌相改變，進而導致植株生長不佳。結果發現澆過毒他植物溶液的土壤的確會改變原本土壤菌相的種類。

壹、研究動機

在校園內，植物到處可見，不管是大樹，還是矮木灌叢都會聚集在一起，並伴隨著許多雜草，不過卻發現血桐及榕樹他們的周遭並沒有其他雜草，資料告訴我們這是毒他植物，他們會抑制周遭植物的生長，這時我們想到令人頭疼的外來種，或許我們可以利用毒他作用的方式來抑制他們，而大花咸豐草(*Bidens pilosa var. radiata*)是我們最初的實驗對象，我們希望利用這個實驗結果，之後針對其他外來種植物進行測試。

毒他作用及其化學物質

一、毒他作用的四種作用途徑



(一)淋溶作用 (Leaching)

植物之活體或枯落物所分泌之化合物經由降雨淋洗而進入土壤，為**主要**抑制作用，以水溶性化合物為主，包括類黃酮素、酚酸，以及生物鹼等。

(二)揮發作用 (Volatilization)

植物之活體或枯落物所含低沸點之揮發物質，在適當溫度下所產生的作用。這些揮發性物質屬於萜類，主要是單萜和倍半萜。內陸地區空氣較為乾燥，植物通常釋放出化合物，為抑制其他種植物生長之方法之一。

(三)植物殘留分解作用 (Decomposition of plant residues)

枯落物經一段時間後，開始進行分解，腐化初期所產生之酚類化合物，對植物生長有不良影響。

(四)根泌作用 (Root exudation)

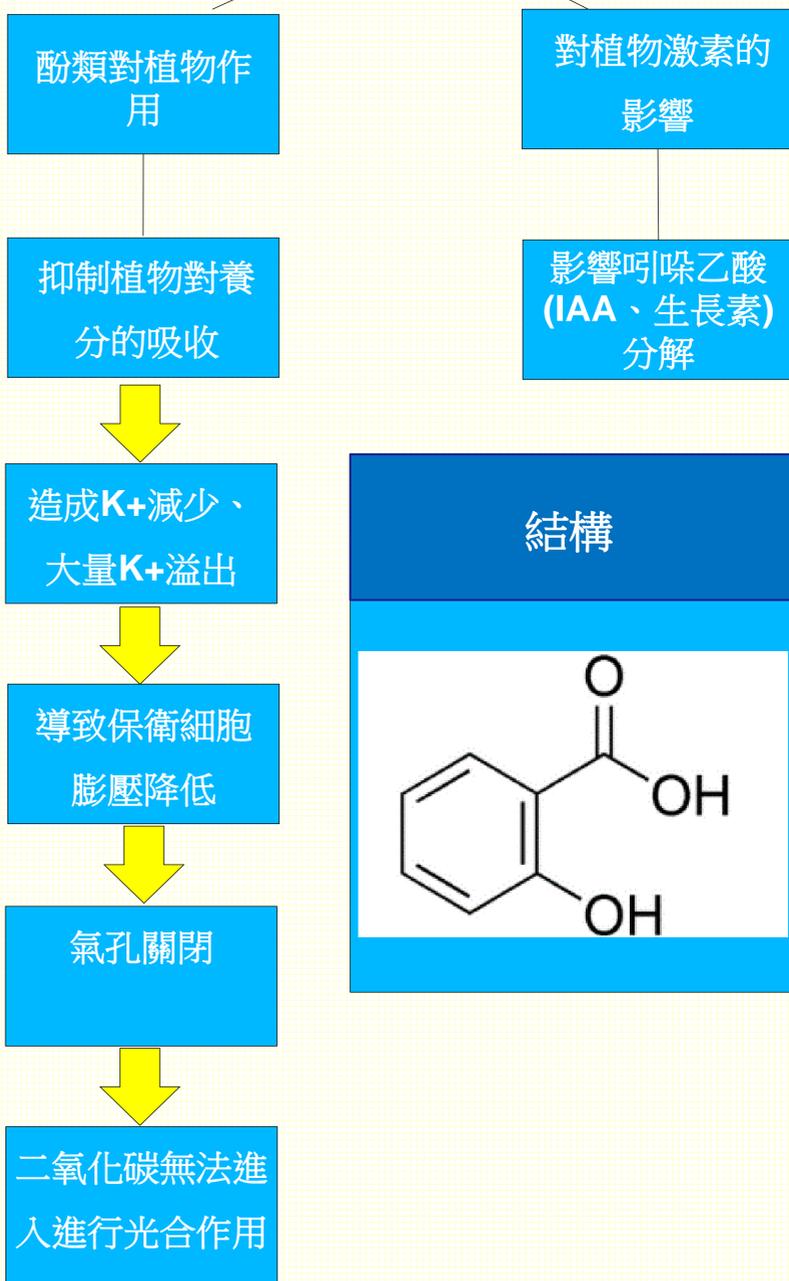
植物利用主動運輸或擴散將代謝物藉由根泌或點泌的作用排至植物體外。此代謝物質有時會抑制鄰近該植物的其他植物個體的生長。

二、次級代謝物

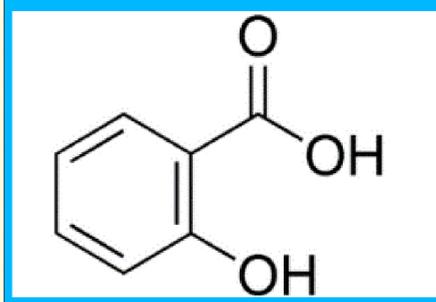
1. 萜類

萜類	
特性	<ul style="list-style-type: none"> 揮發性油狀液體 沸點隨分子量和雙鍵數量的增加而提高
植物主要次級代謝物：單萜及倍半萜	
作用	<ul style="list-style-type: none"> 植物香味的重要成分 參與植物的間接防禦反應 ex. 植物受侵害時吸引害蟲天敵捕食
結構	
<p>Isoprene 異戊二烯</p>	

2. 酚類化合物



結構



3. 生氰糖苷



貳、研究目的

- 一、不同植物的毒他物質對大花咸豐草造成的影響。
- 二、不同毒他物質的萃取液濃度是否會造成不同效果。

參、研究流程及方法

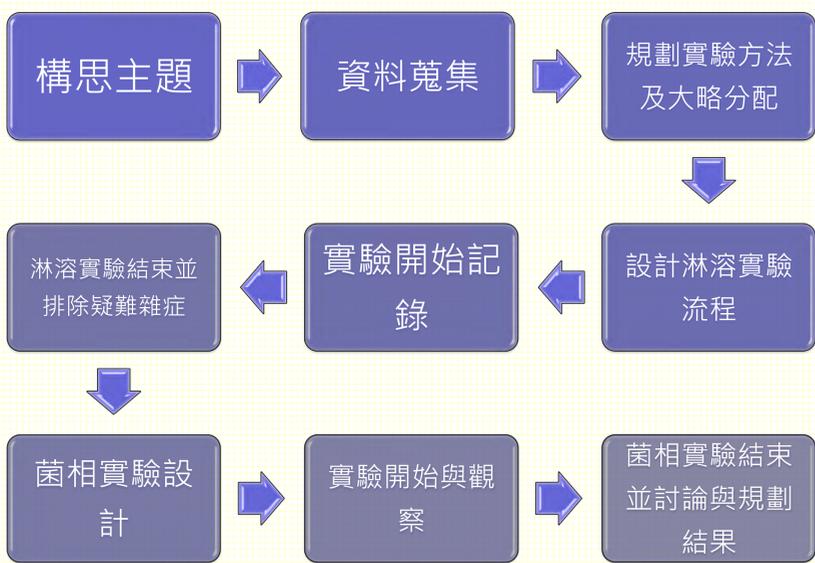
一、摘採原料



血桐的枯葉
(有文獻表示枯葉更有效果)

榕樹的枯葉
(有文獻表示枯葉更有效果)

二、研究過程



三、淋溶作用實驗流程



使用三種濃度的溶液，如下圖：

濃度/植物	血桐	榕樹
對照組	未澆灌	未澆灌
7.5%	92.5毫升水 7.5克葉	92.5毫升水 7.5克葉
10%	90毫升水 10克葉	90毫升水 10克葉
12.5%	87.5毫升水 12.5克葉	87.5毫升水 12.5克葉

一個是對照組，後依序10%、12.5%、7.5%表示如下圖：



肆、淋溶作用實驗結果



圖一



圖二



圖三



圖四



圖五



圖六

圖一、澆血桐溶液後的第三天，實驗組的土壤開始變黑。

圖二、到了第六天澆10%及12.5%血桐溶液的大花咸豐草葉片開始下垂、落葉。圖三為放大圖。

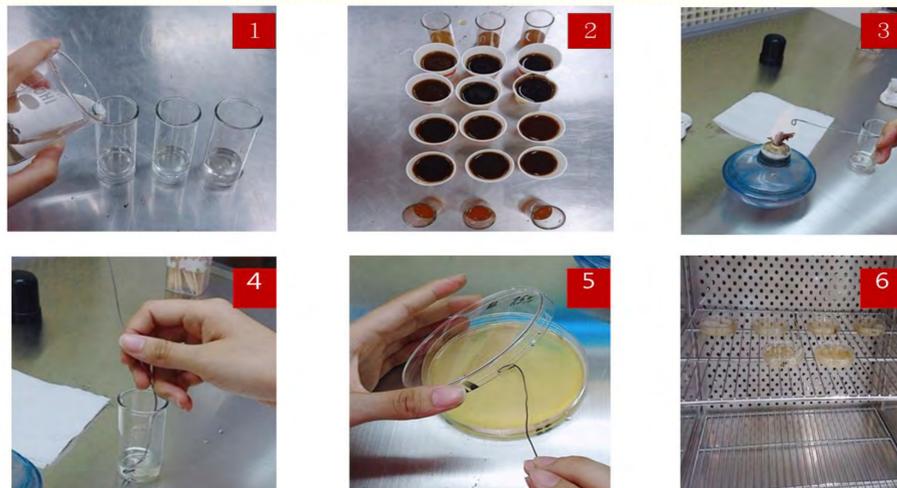
圖四左一對照組與圖五右一7.5%，目測並無太大的差異。

伍、菌相實驗

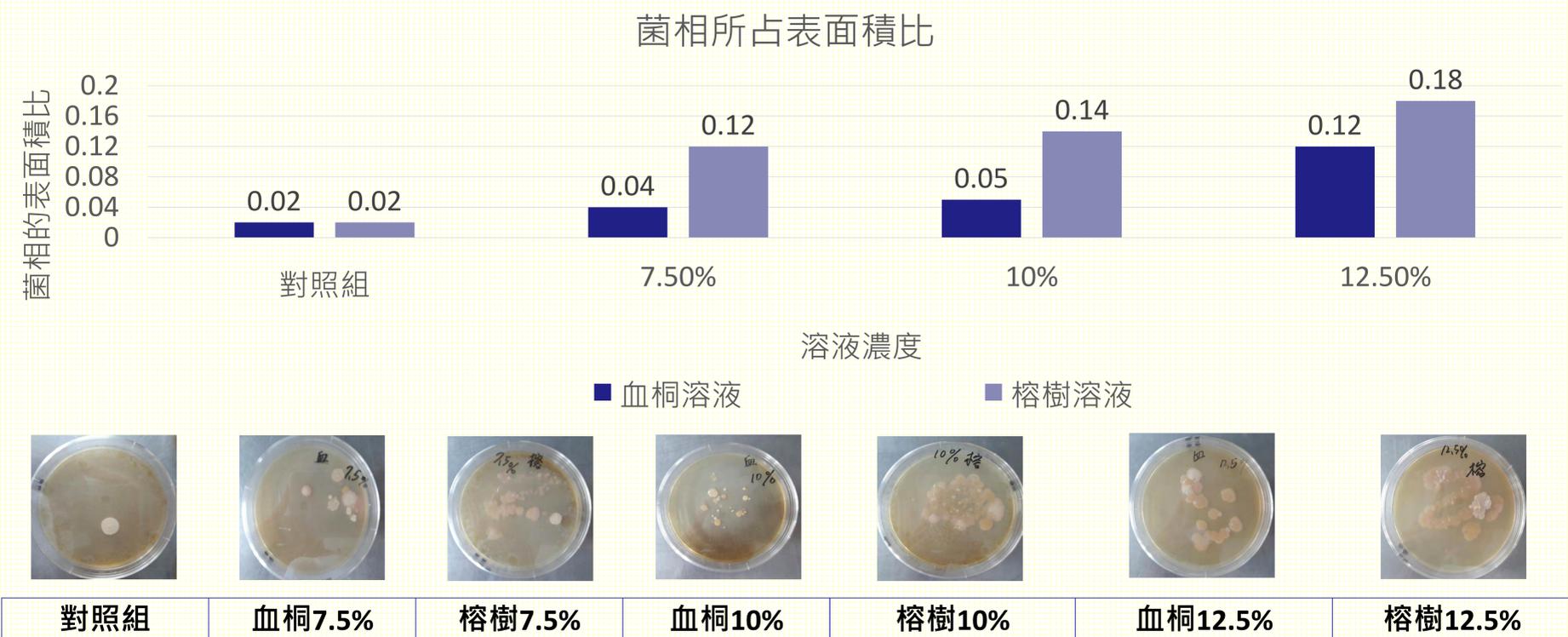
一、菌相研究目的

溶液是否會改變土壤菌相。

二、菌相培養實驗流程



伍、菌相實驗研究結果



陸、討論

一、淋溶實驗之討論

- 1.根據圖一和圖二，實驗組有澆過血桐植物溶液的土壤，明顯變黑也比對照組的葉子顯得更加下垂且枯黃可能是因為植物原本的顏色深，表示該10%血桐溶液有效果。
- 2.有鑑於實驗組和對照組的土壤顏色的差異如圖六，推測是否是土壤內的菌相改變，進而導致植株生長不佳，由此，我們進行了菌相實驗。
- 3.根據圖四，這是7.5%的血桐溶液。圖二10%、12.5%的葉子和圖四中的葉子明顯有差異，圖四較為健康且有長花，和對照組長花的數目相似。表示血桐7.5%，抑制無太大效果。
- 4.在淋溶實驗中，推測7.5%以下溶液沒效果，不過有文獻指出3%到5%的毒他溶液較為有效，不過他們的實驗對象主要以綠豆為主。雖說這資料與們淋溶實驗的推測結果並不相符，但有鑑於大花咸豐草與綠豆的不同，所以他們所使用的濃度也不盡相同。

二、菌相實驗之討論

- 1.有鑑於實驗組和對照組的土壤顏色的差異如圖六，推測是否是土壤內的菌相改變，進而導致植株生長不佳，由此，我們進行了菌相實驗。
- 2.在菌相實驗中，由圖可觀察血桐的菌較榕樹的菌少，榕樹和血桐相較下，含有毒他植物溶液的菌相比土壤水還要更多，由此可證，澆過毒他植物溶液的土壤的確會改變原本土壤菌相的數量。由對照組可清楚比較有毒他溶液和沒毒他溶液的土壤水兩者明顯的差異。
- 3.對照菌相實驗結果，以下可能為其菌屬：

土壤中常見的菌屬	枯草桿菌 (<i>Bacillus subtilis</i>)	芽孢桿菌屬 (<i>Bacillus</i>)	丁香假單孢菌 (<i>Pseudomonas syringae</i>)
作用	<ul style="list-style-type: none">· 與病原菌競爭營養及空間· 抗生物質的作用促進土壤中大分子的分解與營養的有效吸收· 改善土壤性質· 促進作物生長· 抗病性· 可作為殺菌劑	<ul style="list-style-type: none">· 殺菌劑· 增加植物抗病性、降低罹病率· 促進作物發育與生長· 促進作物對於土壤養分吸收	<ul style="list-style-type: none">· 植物致病菌

柒、結論

- (一) 7.5%的血桐溶液→對大花咸豐草生長影響無明顯差異。
- (二) 10%、12.5%血桐溶液有效果，但實驗植株太少，所以需做更多實驗來驗證。
- (三) 澆過毒他植物溶液的土壤菌相種類會改變。

捌、未來展望

相較於合成的殺蟲劑或抑制劑之不易分解，相剋化合物可以在自然界被更新及分解，不會因生物濃化作用，對生態產生累積性的負面作用。利用相剋作用的原理於農業生產上，是一種對自然、對環境友善的方法。所以我們在用來對付外來種的型式上，可使用更環保的方式，既不會消耗太多人力，也不會造成汙染。

玖、重要引註資料

- 一、洪昆源(2006)。森林下層植物之相剋作用與生物量關係及其在林業上之應用。
- 二、「毒」樹—「植」—毒他作用的探討。張和香、陳怡瑄、黃敬喬。
- 三、宋君(1990)。植物間的他感作用。
- 四、袁秋英(2016)。植物相剋化合物於雜草管理之應用。