

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

080304

校園我最行

---我是抑制草種子萌發與生長的高手

學校名稱：臺中市北區賴厝國民小學

作者：	指導老師：
小五 陳柔伊	黃鴻洲
小五 許峻嘉	賴碧珠
小五 葉家均	
小五 張宇澄	
小五 廖羿昕	
小五 莊証傑	

關鍵詞：植物相剋作用、律柏草、百慕達草

摘要

同學提出校園觀察時發現的問題，經老師解說和引用相關研究，發現校園植物中有些在其所在之處，周圍雜草稀少，甚至少有其他植物，本實驗採集符合此一現象的校園常見植物，進行根、莖、葉粗萃取液培養百慕達草及律柏草種子，觀察是否具有抑制作用。結果顯示校園中多種植物的萃取液皆會抑制種子萌發及幼苗生長，其中以九重葛的抑制效果最顯著。因此採集九重葛的根、莖、葉不同濃度萃取液進行百慕達草及律柏草的萌芽和生長實驗，發現九重葛的葉萃取液抑制效果最佳、根次之，而且隨著濃度越高效果越好。並根據九重葛植栽土壤具有抑制萌芽和生長作用的實驗，因此推論九重葛可能藉由淋溶作用及根泌作用達成相剋作用以影響植物的萌發與生長。

壹、研究動機

106學年度第一學期(五上)上自然與生活科技學習領域第二單元植物世界面面觀時，當老師正在教我們植物根莖葉功能、植物傳宗接代的方法和怎樣將植物分類時，有同學突然舉手提出校園植物中有些在其所在之處，周圍雜草稀少，甚至少有其他植物，引發同學間的熱烈討論，甚至有同學提出是不是那些植物本身有毒，所以其他植物無法靠近他生存或不容易靠近他生存，經過老師說明後，我們才知道原來植物間有所謂的「相剋作用」。而相剋作用是指植物在代謝過程中釋放出有毒物質以抑制本身或鄰近植物種子萌發及植株發育生長的過程。課後，我們實地去觀察了校園內植物，發現真的有些校園植物在其所在之處，周圍雜草稀少，甚至少有其他植物，推測這可能是老師說的相剋作用，植物會分泌毒他物質，因此其他植物無法靠近他生存或不容易靠近他生存。當我們將校園實際觀察的結果報告老師後，老師除了讚美我們求真和求證的精神外，也鼓勵我們可以從校園植物生長情形開始調查有哪些是有這樣的抑制情形，進一步進行實驗設計找出校園中抑制效果最為顯著的植物，再進一步研究採集此種植物的根、莖、葉進行粗萃取，進行不同濃度粗萃取液對種子的萌芽和生長實驗，觀察是否具有抑制作用，並用這些植物生長的土壤來培養種子進行萌發和生長影響的實驗。找出抑制效果最為顯著的校園植物可能是藉由哪種方法達成相剋作用以影響植物生長。老師並提供學長們曾經做過的相關研究供我們參考，並鼓勵我們跟以往實驗不同是將萃取液實際應用在草種子(百慕達草及律柏草種子)的萌發和生長，找出校園中誰的抑制效果最好。

一、研究與教材相關性如表 1

表 1 應用課程教材內容

課程教材	章節	單元名稱	內容相關性
自然與生活科技(康軒版三上)	1	植物的身體	如何觀察植物的葉、莖、花、和果實
自然與生活科技(康軒版三下)	1	大家來種菜	種子的觀察、植物的種植、植物成長的觀察和記錄
自然與生活科技(康軒版五上)	2	植物世界面面觀	植物根、莖、葉的功能

二、植物相剋作用簡介

(一) 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。

(二) 植物相剋化合物的產生及釋放出植物體外的方式有下列四種：

1. 揮發作用 (Volatilization)

在氣候乾旱地區，如地中海型氣候區、沙漠地區或熱帶雨水少的地區，植物可經揮發及蒸散作用釋出相剋化合物抑制其他種植物生長

2. 淋溶作用 (Leaching)

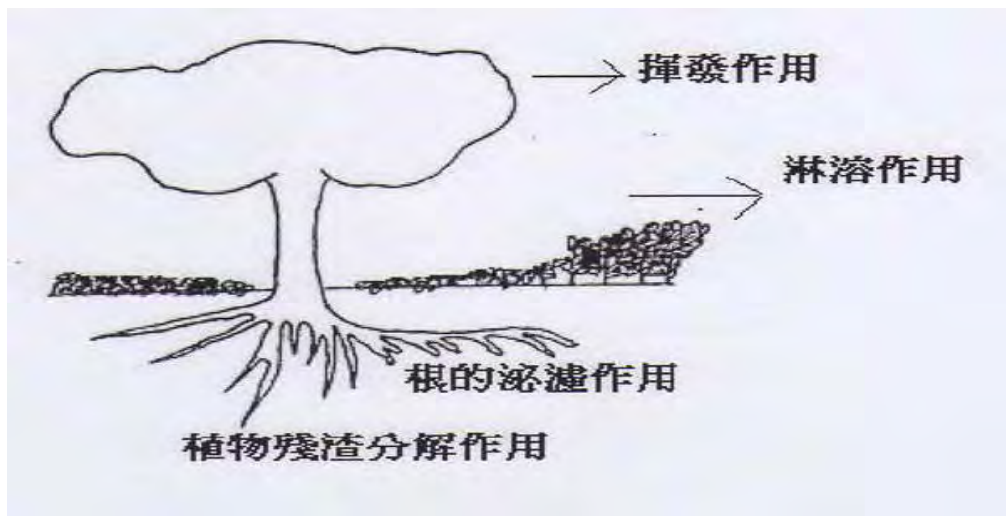
植物體或枯落物所分泌之化合物經由降雨淋洗，使水溶性的酚酸化合物進入土壤，造成抑制作用。

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

植物枯落葉在土壤中一段時間後，由土壤微生物之作用後逐漸腐爛分解，腐化初期所產生之酚類化合物，對植物生長有不良影響。

4. 根泌作用(Root exudation)

根除了吸收水分及營養物質外，還會分泌及滲濾代謝物質。植物利用主動運輸或擴散將代謝物藉由根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。(摘錄自台灣林業九十五年六月號)



三、植物的相剋作用發生共有六個要件：

- (一) 一種植物之優勢性，或另一種作物的死亡，並非因光線、氧氣、土壤肥力、水分及其他物理因子所致。
- (二) 必須有一方能產生植物毒物質。
- (三) 所產生毒物質之量必須在棲地中累積到某一濃度足以危害到自己存活及其鄰近植物之生長。
- (四) 具受植物毒物質危害之植物。
- (五) 有些植物具適應性之自毒作用，此在演化上十分重要。
- (六) 植物產生之相剋物質必須配合環境的條件。(周昌弘，1995)

貳、 研究目的

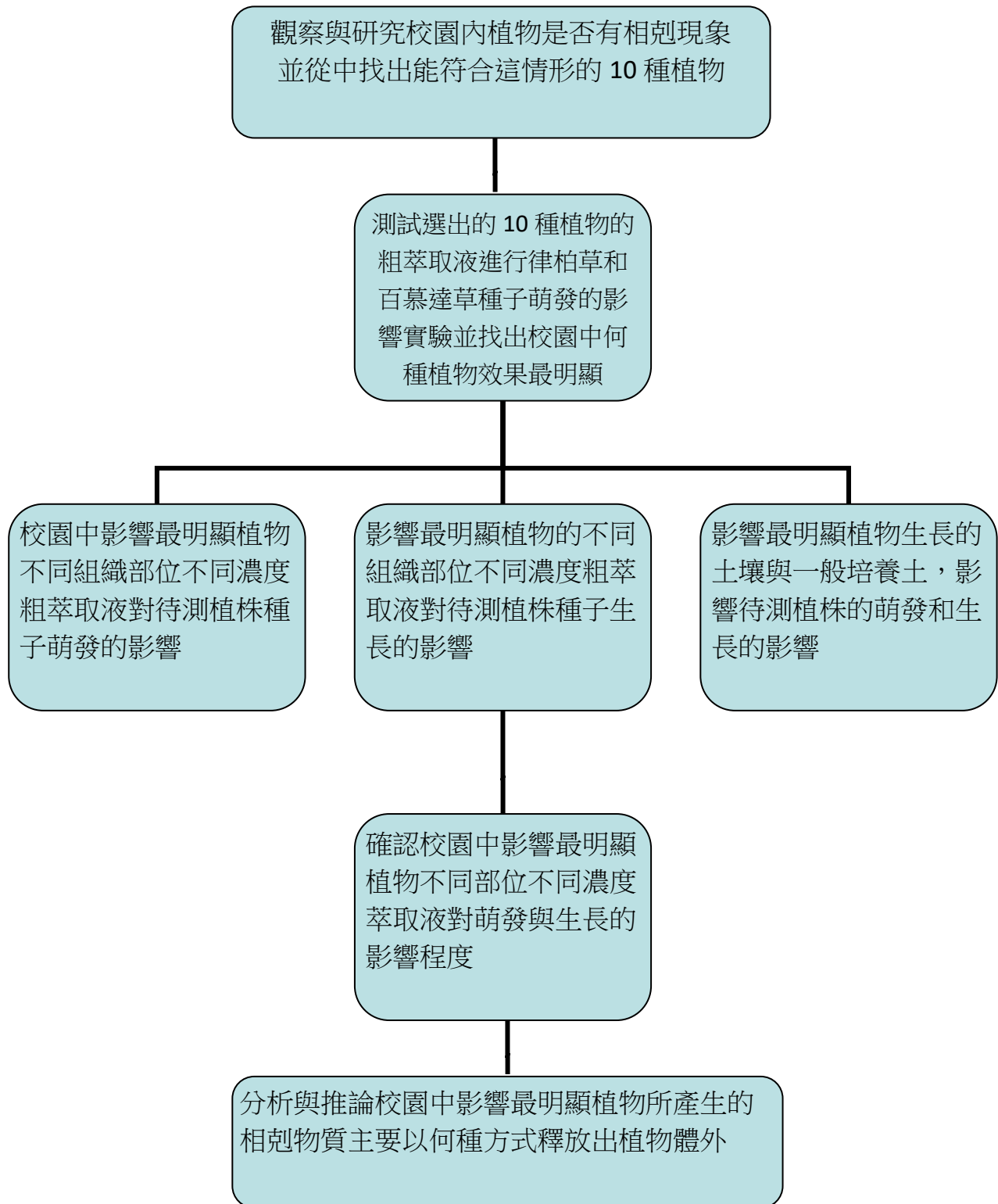
- 一、觀察校園內植物是否有植物相剋的現象。
- 二、測試萃取出的植物汁液抑制草種子萌發與生長效果最為顯著的植物。
- 三、抑制效果最為顯著的植物根莖葉不同部位不同濃度的粗萃取液對草種子生長影響之差異。
- 四、抑制效果最為顯著的植物植栽土壤中是否含有相剋物質。
- 五、推論植物利用何種途徑對其他植物造成排他作用。
- 六、激發對科學研習的興趣與獨力研究的潛能，培養對科學的正確觀念及態度。

參、 研究設備及器材

1. 滴管
2. 量筒
3. 燒杯
4. 紗布
5. 天平式電子磅秤
6. 培養皿
7. 高枝剪、修枝剪
8. 榕樹的根莖葉
9. 樟樹的根莖葉
10. 黑板樹的根莖葉
11. 水黃皮的根莖葉
12. 鳳凰木的根莖葉
13. 小葉欖仁的根莖葉
14. 非洲鳳仙花的根莖葉
15. 茄苳的根莖葉
16. 台灣欒樹的根莖葉
17. 九重葛的根莖葉
18. 百慕達草種子
19. 律柏草種子
20. 果汁機
21. 棉花
22. 研磨器

肆、 研究過程或方法

一、研究流程



二、實驗設計

實驗一、選取校園植物粗萃取液對百慕達草和律柏草種子萌發的影響，並找出校園中抑制效果最為顯著的植物

1. 配製植物萃取液

- (1) 觀察校園植物生長情形並找出有哪些是符合抑制現象（周圍雜草稀少，甚至少有其他植物），從中找出10種植物（樟樹、榕樹、黑板樹、水黃皮、鳳凰木、小葉欖仁、非洲鳳仙花、茄苳、台灣欖樹、九重葛）進行粗萃取。
- (2) 分別秤取上述10種植物根、莖、葉15 g加水配成重量濃度10%的溶液，放入果汁機攪拌10 分鐘。
- (3) 以紗布分別過濾其濾液，分別裝入10個燒杯中並貼上植物名稱以供辨識。
- (4) 將各種植物萃取液以保鮮膜密封置入冰箱保存在4度C以下，實驗時再取出運用。

2. 10種植物粗萃取液對百慕達草及律柏草種子萌發的影響

- (1) 取11個培養皿，分別鋪上適當大小的棉花
- (2) 每一個培養皿中放入40顆百慕達草種子，在培養皿中分別加入下列溶液15ml，編號1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11。

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
溶液	水	樟樹	榕樹	黑板樹	水黃皮	鳳凰木	小葉欖仁	非洲鳳仙花	茄苳	台灣欖樹	九重葛

置於室溫下，8天後觀察萌發情形。（本實驗種子萌發的定義為胚根冒出）。

重複上述步驟5次，記錄數據並求得平均值。

- (3) 將律柏草種子取代百慕達草種子，重複上述（1）~（2）步驟。

實驗二、由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物，取該植物根、莖、葉不同濃度粗萃取液對百慕達草及律柏草種子萌發的影響施行實驗

1. 配製植物萃取液

- (1) 由實驗一找出抑制種子萌發效果最為顯著的校園植物（九重葛）進行粗萃取。
- (2) 分別秤取上述抑制效果最為顯著的植物根、莖、葉50 g加水配成重量濃度10%的溶液，放入果汁機攪拌10 分鐘。
- (3) 以紗布分別過濾其濾液，分別裝入燒杯中並貼上標籤標明萃取部位和濃度以供辨識。
- (4) 將各部位植物萃取液以保鮮膜密封置入冰箱保存在4度C以下；實驗中可取出部分溶液加水稀釋成5%、2.5%等各種濃度，置於冰箱中備用。

2. 抑制效果最顯著的植物粗萃取液對百慕達草及律柏草種子萌發的影響

- (1) 取10個培養皿，分別鋪上適當大小的棉花
- (2) 每一個培養皿中放入40顆百慕達草種子，在培養皿中分別加入下列溶液15ml，編號1、2、3、4、5、6、7、8、9、10。

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
溶液	水	2.5% 根 萃 取 液	5% 根 萃 取 液	10% 根 萃 取 液	2.5% 莖 萃 取 液	5% 莖 萃 取 液	10% 莖 萃 取 液	2.5% 葉 萃 取 液	5% 葉 萃 取 液	10% 葉 萃 取 液

置於室溫下，8天後觀察萌發情形。（本實驗種子萌發的定義為胚根冒出）。

重複上述步驟5次，記錄數據並求得平均值。

（4）將律柏草種子取代百慕達草種子，重複上述（1）~（2）步驟。

實驗三、由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物，取該植物根、莖、葉不同濃度粗萃取液對百慕達草及律柏草種子幼苗生長的影響實驗

1. 取10個培養皿，分別鋪上適當大小的棉花
2. 每一個培養皿中放入40顆百慕達草種子，在培養皿中分別加入下列溶液15ml，編號1、2、3、4、5、6、7、8、9、10。

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
溶液	水	2.5% 根 萃 取 液	5% 根 萃 取 液	10% 根 萃 取 液	2.5% 莖 萃 取 液	5% 莖 萃 取 液	10% 莖 萃 取 液	2.5% 葉 萃 取 液	5% 葉 萃 取 液	10% 葉 萃 取 液

置於室溫下，分別於第8天測量所有萌發之種子數量。第20天觀察並記錄各組培養皿中植株幼苗的莖、根長之生長情形。

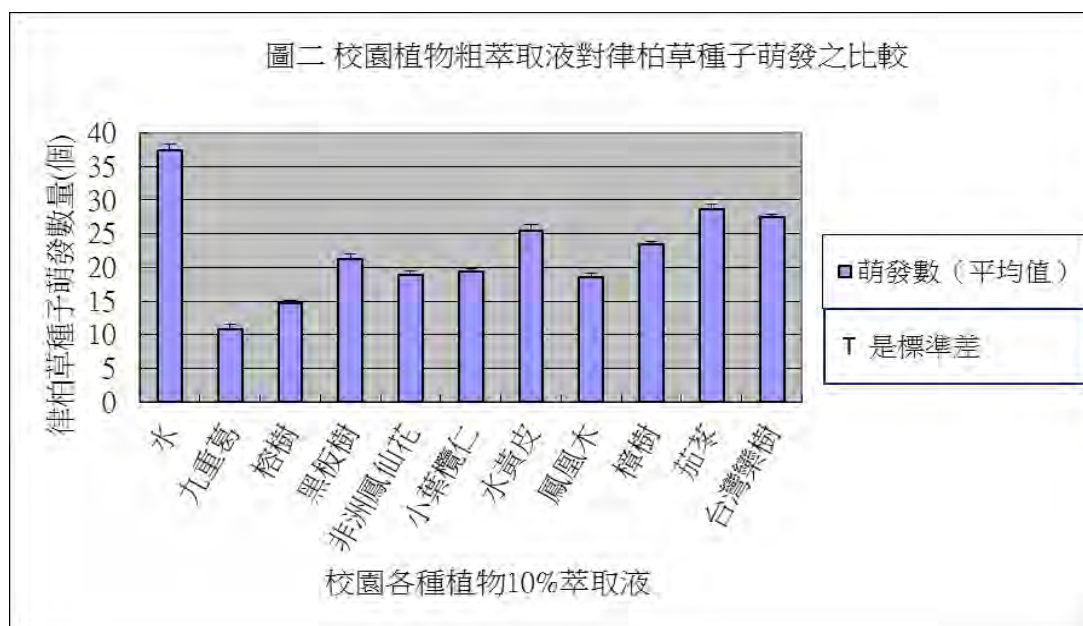
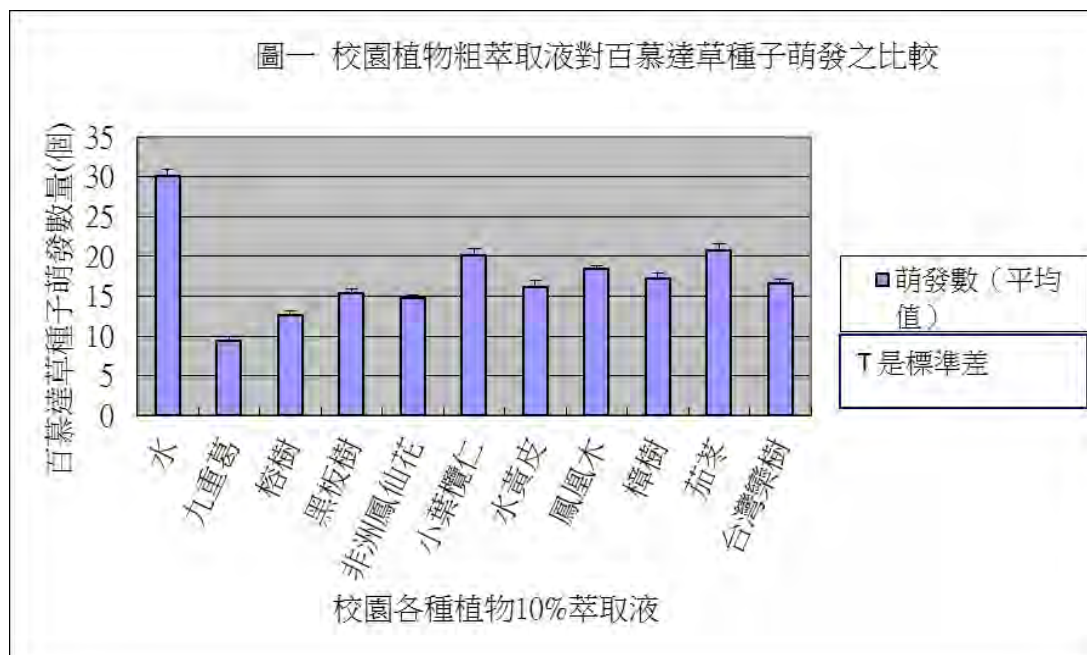
3. 測量所有萌發之種子於其第12天時幼苗的莖、根長度，並取其平均值。
4. 生長率：編號第一組（加水處理）作為對照組，其幼苗的莖、根長設定為1，其餘2~10組實驗組的幼苗的莖、根長對其（第一組）的比值。
5. 重複上述步驟5次，記錄數據並求得平均值。
6. 將律柏草種子取代百慕達草種子，重複上述 1~5 步驟。

實驗四、由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物植栽區土壤對百慕達草及律柏草種子萌發和生長的影響實驗

1. 蒐集校園中由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物（九重葛）植栽區土壤。
2. 將土壤置放在培養皿中，每一個培養皿中放入40顆百慕達草種子以作為實驗組。
3. 以市售培養土作為對照組，同時在培養皿中放入40顆百慕達草種子。
4. 觀察40顆百慕達草種子的萌發（種植第8天）和幼苗莖的生長（種植第12天）情形。
5. 重複上述步驟5次，記錄數據並求得平均值。
6. 將律柏草種子取代百慕達草種子，重複上述 1~5 步驟。

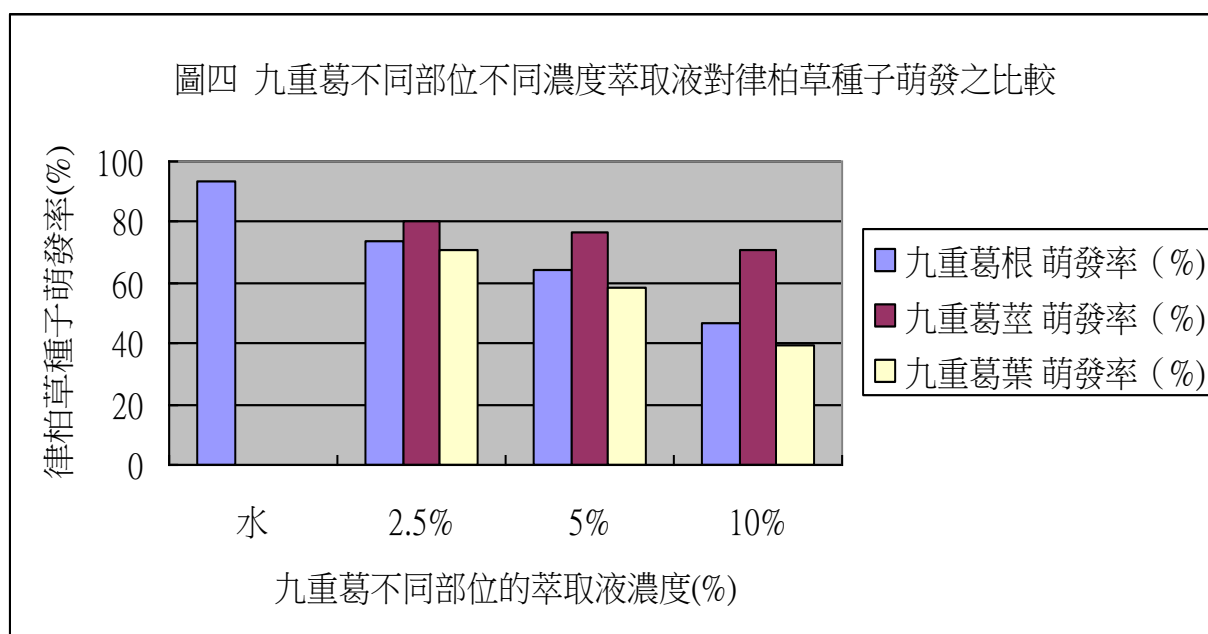
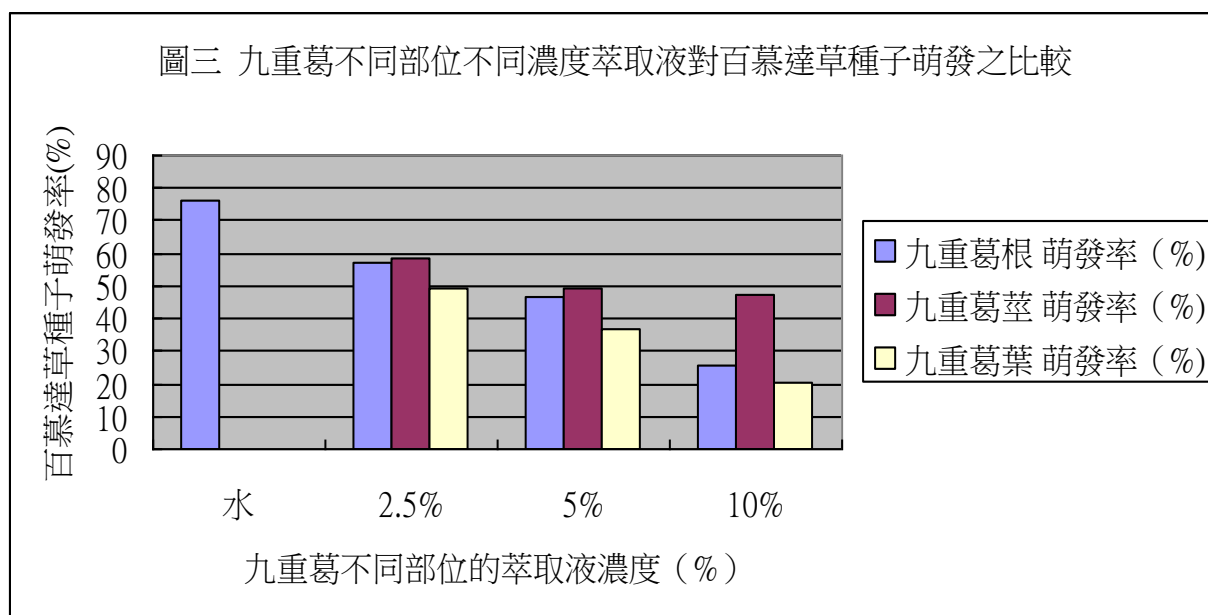
伍、研究結果

一、校園植物粗萃取液對百慕達草和律柏草種子發芽率的影響



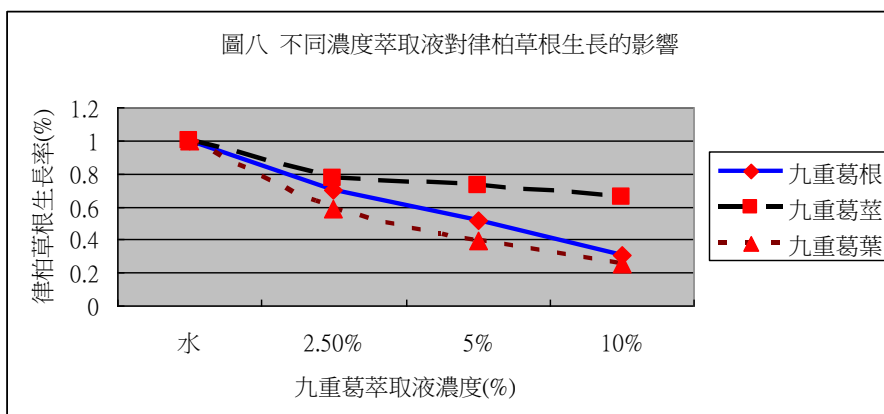
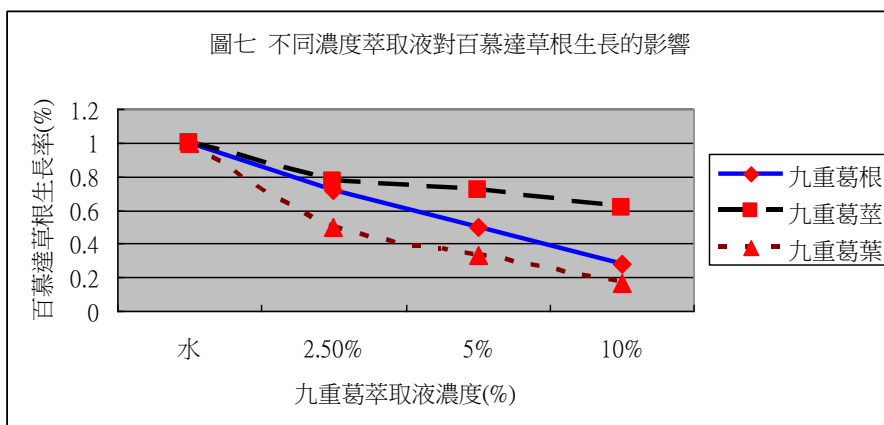
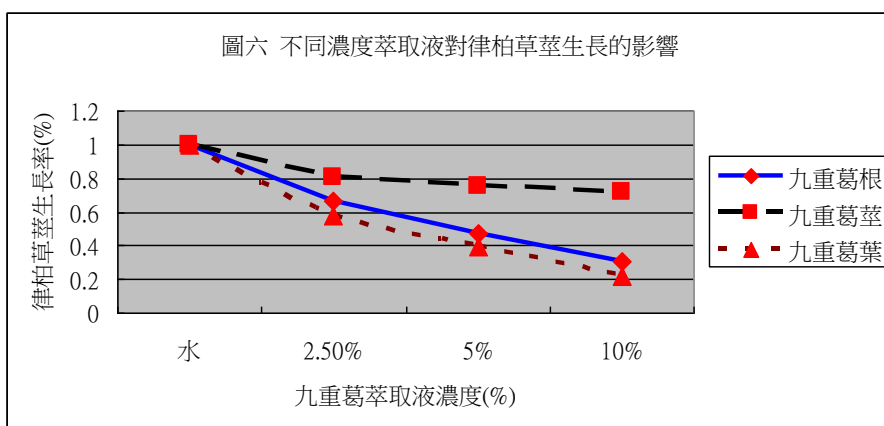
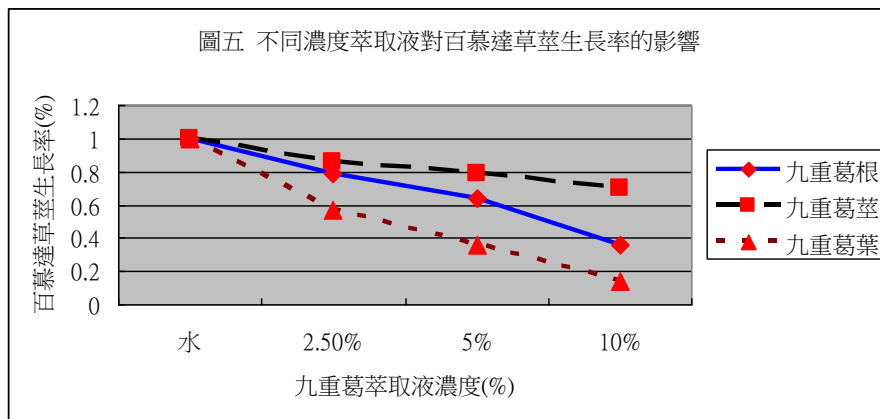
- (一) 根據圖一、圖二的結果，從校園植物中找出的10種（樟樹、榕樹、黑板樹、水黃皮、鳳凰木、小葉欖仁、非洲鳳仙花、茄苳、台灣欖樹、九重葛）符合抑制現象（周圍雜草稀少，甚至少有其他植物）的植物，從粗萃取液處理種子萌發的實驗，發現均有抑制百慕達草、律柏草種子發芽的效果，尤其以九重葛、榕樹、非洲鳳仙花對這兩種種子萌發的抑制最為明顯，其中又以九重葛的抑制效果最敏感。（詳細數據的差距和標準差，可參考附表一、附表二的數據）
- (二) 本實驗是校園植物粗萃取液（10%）相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，並選出最明顯者（九重葛）繼續後續的實驗與研究。

二、由實驗一找出抑制效果最為顯著的本校校園植物（九重葛），取該植物根、莖、葉不同濃度粗萃取液對百慕達草及律柏草種子發芽率的影響



- (一) 根據圖三、圖四的結果，九重葛的根莖葉萃取液處理種子萌發的實驗中，發現均有抑制百慕達草、律柏草種子發芽的效果，尤其以葉、根部萃取液對這兩種種子萌發的抑制最為明顯，其中葉部萃取液對百慕達草和律柏草種子萌發的抑制效果達最敏感，抑制效果都達50%以上。
- (二) 各種濃度的九重葛葉、根部萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，而且其種子萌發率與萃取液濃度成反比，有濃度越高抑制效果越佳的趨勢，具有濃度效應，以10%萃取液（高濃度）抑制種子發芽的現象最明顯（如圖三、圖四）。（詳細數據的差距可參考附表三、附表四）
- (三) 各種濃度的九重葛莖萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，但不若葉和根部萃取液的明顯，也有濃度越高抑制效果越佳的趨勢。

三、由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物（九重葛）萃取液對百慕達草及律柏草種子幼苗生長的影響



(一) 根據圖五、圖六的結果得知，九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草及律柏草種子幼苗莖生長的影響：

1. 九重葛根部2.5%（低濃度）萃取液在前8天對於律柏草莖的生長有些微抑制效果，而對於百慕達草則有較為明顯的抑制，影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。
2. 百慕達草及律柏草的幼苗對於九重葛葉部萃取液最具敏感性，2.5%（低濃度）萃取液已經有明顯抑制這些作物的莖生長情形，尤其作用在百慕達草及律柏草幼苗的莖生長率0.57、0.58有明顯的抑制，而且影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。
3. 九重葛莖部萃取液以2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草及律柏草莖的生長只有些微抑制作用，影響程度隨濃度提高但不特別明顯。
4. 當九重葛葉部和根部萃取液濃度達5%以上時，對百慕達草及律柏草莖的生長抑制效果都更加明顯。
5. 從圖五、圖六的曲線可明顯看出九重葛葉部萃取液對百慕達草及律柏草莖的生長抑制效果最明顯。（詳細數值可參考附件五、附件六的說明）

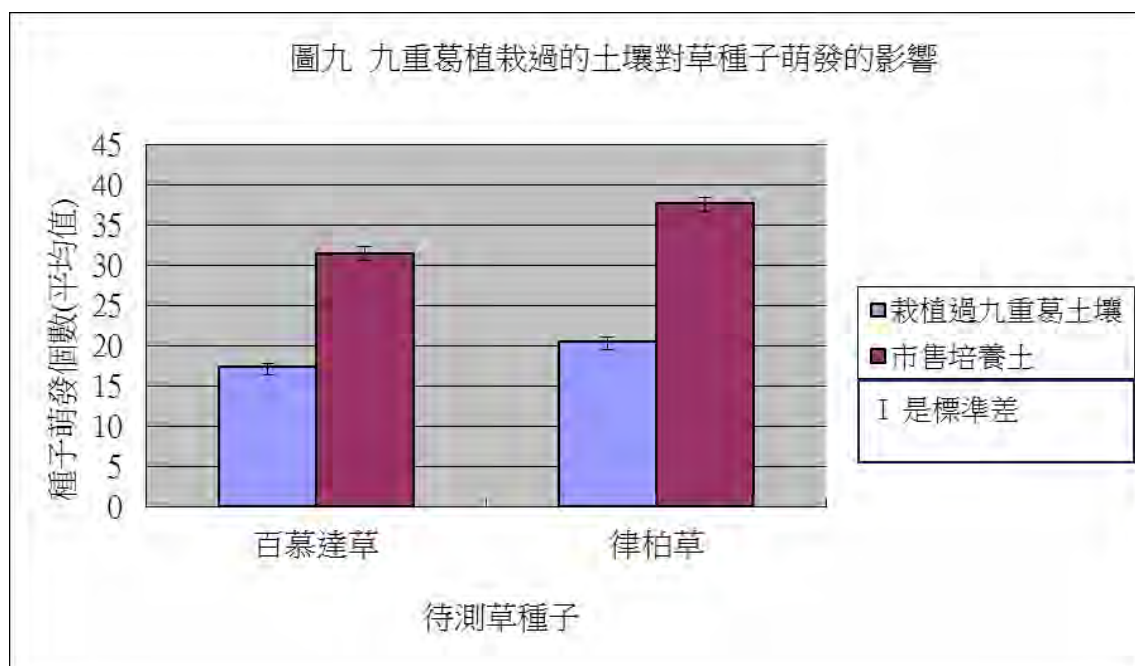
(二) 根據圖七、圖八的結果得知，九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草及律柏草種子幼根生長的影響：

1. 九重葛根部2.5%（低濃度）萃取液在前8天對百慕達草和律柏草根的生長有抑制效果但不特別明顯，影響程度隨濃度提高而加深，當10%（高濃度）萃取液時都有特別明顯的抑制作用，具有濃度效應。
2. 百慕達草及律柏草的幼苗對於九重葛葉部萃取液最具敏感性，2.5%（低濃度）萃取液已經有明顯抑制這些作物的根生長情形，尤其作用在百慕達草幼苗的根生長，其生長率只有0.50抑制效果達50%以上，而且影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。
3. 九重葛莖部萃取液以2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草及律柏草根的生長只有些微抑制作用，影響程度隨濃度提高但不特別明顯。
4. 當九重葛葉部和根部萃取液濃度達5%以上時，對百慕達草及律柏草根的生長抑制效果都更加明顯。
5. 從圖七、圖八的曲線可明顯看出九重葛葉部萃取液對百慕達草及律柏草根的生長抑制效果最明顯。（詳細數值可參考附件七、附件八的說明）

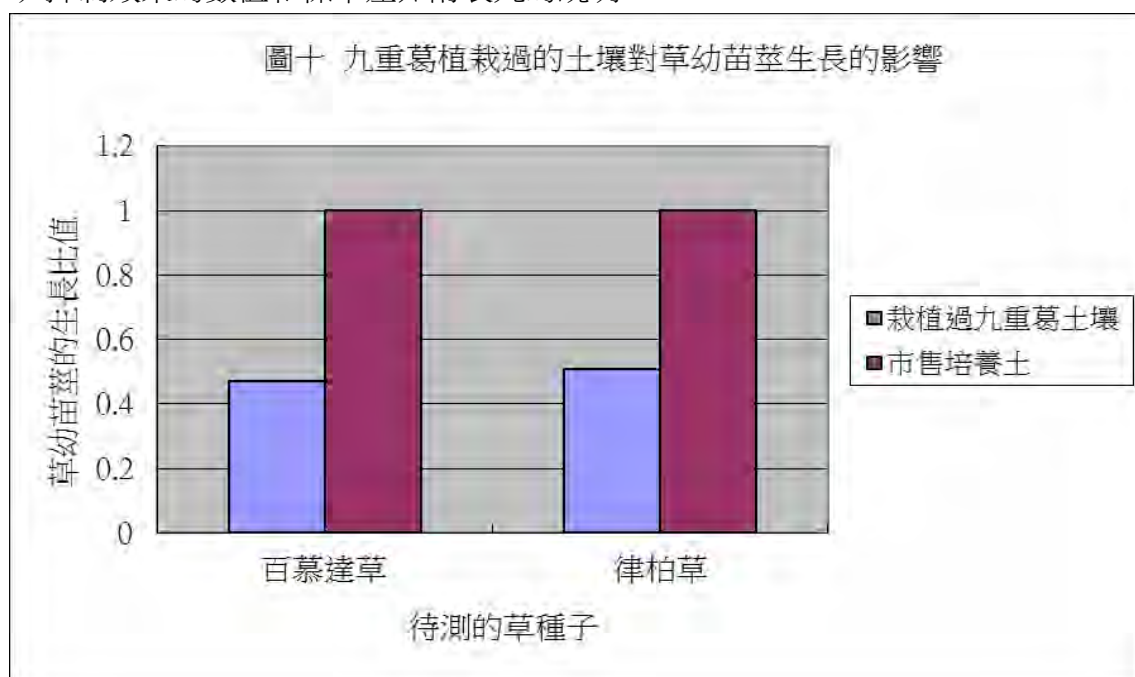
(三) 根據圖五、圖六、圖七、圖八的結果得知九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草及律柏草幼苗莖和根生長的影響：

1. 九重葛葉部萃取液最具抑制效果，對百慕達草及律柏草莖和根的生長抑制效果都最明顯，只需2.5%（低濃度）以上萃取液就能有明顯效果。
2. 九重葛莖部萃取液抑制效果與葉和根萃取液相比比較不特別明顯，但對百慕達草及律柏草莖和根的生長仍然有抑制效果。
3. 九重葛根部萃取液在2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草莖和根的生長抑制效果比律柏草莖和根的生長抑制效果稍差；但是在5%、10%濃度萃取液實驗時兩者效果差不多，影響程度隨濃度提高而加深抑制效果，當10%濃度萃取液時都有很明顯效果。

四、由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物（九重葛）植栽區土壤對百慕達草及律柏草種子萌發和生長的影響



- (一) 根據圖九的結果得知，九重葛植栽區土壤對百慕達草及律柏草種子萌發都具有抑制作用，而且抑制效果可近50%左右（相較於一般市售的培養土）。
- (二) 由結果得知，律柏草種子被抑制的效果稍微大於百慕達草種子。
- (三) 抑制效果的數值和標準差如附表九的說明。



- (一) 根據圖十的結果顯示，九重葛植栽區土壤對百慕達草及律柏草的幼苗生長都具有明顯的抑制作用，而且抑制效果可近50%左右（相較於一般市售的培養土）。
- (二) 根據圖九、圖十的實驗結果推論植栽九重葛的土壤中可能具有抑制物質存在，以抑制其他植物的種子萌發和幼苗生長。
- (三) 抑制效果的數值如附表十的說明

陸、討論

一、所選用生物材料的探討：

- (一) 經觀察後選用本校校園內10種植物(樟樹、榕樹、黑板樹、水黃皮、鳳凰木、小葉欖仁、非洲鳳仙花、茄苳、台灣欒樹、九重葛)作為相剋作用抑制種子萌發和幼苗生長萃取來源的原因：
1. 這10種植物經初步觀察是校園內較明顯符合有抑制現象(周圍雜草稀少，甚至少有其他植物)，而且是校園中常見植物，容易取得。
 2. 除了非洲鳳仙花外，其餘植物都植株龐大，摘取枝葉、剪取根部對植株本身影響不大。
 3. 經初步篩選符合有抑制現象的植物後，再經過粗萃取液對種子萌發及幼苗生長的影響程度，找出校園中抑制效果最為顯著的植物(九重葛)。
 4. 由篩選出的10種植物中經實驗一找出校園中抑制效果最為顯著的植物(九重葛)後，繼續實驗二、三、四的研究以探討不同部位、不同濃度粗萃取液的抑制效果。
- (二) 經實驗一實驗後，找出校園中抑制效果最為顯著的植物(九重葛)繼續作為相剋作用研究對象的原因：
1. 因為九重葛為台灣鄉土常見植物，舉凡道路邊、住家旁、公園內都可見其蹤跡。也是校園常見植物，且容易取得。
 2. 因為是校園中抑制效果最為顯著的植物(實驗一)因此希望透過該植物根、莖、葉和不同濃度粗萃取液對百慕達草及律柏草種子萌發及生長的影響實驗，找出那個部分抑制效果最為顯著，那個濃度可以達到顯著效果。
- (三) 選用百慕達草及律柏草作為相剋作用中受到毒物質毒害對象的原因：
1. 萌發率不錯，較以往的相關實驗(用玉米或小白菜)更接近野草的情形，易於觀察。
 2. 易於取得且價格低廉(由學校工友伯伯美綠化環境的草種子提供)。
 3. 容易受到環境因素的影響，易產生較顯著的變化，容易觀察其變化。

二、實驗九重葛根莖葉的粗萃取液對種子萌發幼苗生長的影響程度的探討

- (一) 探討經實驗二，九重葛根莖葉的粗萃取液對種子萌發的影響程度不一。
1. 由實驗二的結果知道，九重葛的根莖葉萃取液處理種子萌發的實驗中，發現均有抑制百慕達草、律柏草種子發芽的效果，尤其以葉、根部萃取液對這兩種種子萌發的抑制最為明顯，其中葉部萃取液對百慕達草種子萌發的抑制效果達最敏感，抑制效果達50%以上。
 2. 各種濃度的九重葛葉、根部萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，而且其種子萌發率與萃取液濃度成反比，有濃度越高抑制效果越佳的趨勢，具有濃度效應，以10%萃取液(高濃度)抑制種子發芽的現象最明顯。
 3. 各種濃度的九重葛莖萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，但不若葉和根部萃取液的明顯，也有濃度越高抑制效果越佳的趨勢。
- (二) 探討經實驗三後，九重葛根莖葉的粗萃取液對幼苗生長的影響程度。
1. 九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草及律柏草種子幼苗莖生長的影響
- (1) 九重葛根部2.5%(低濃度)萃取液在前8天對律柏草莖的生長有些微抑制效果，

而對於百慕達草則有較為明顯的抑制，影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。

- (2) 百慕達草及律柏草的幼苗對於九重葛葉部萃取液最具敏感性，2.5%（低濃度）萃取液已經有明顯抑制這些作物的莖生長情形，尤其作用在百慕達草及律柏草幼苗的莖生長率0.57、0.58有明顯的抑制，影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。
 - (3) 九重葛莖部萃取液以2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草及律柏草莖的生長只有些微抑制作用，影響程度隨濃度提高但不特別明顯。
 - (4) 當九重葛葉部和根部萃取液濃度達5%以上時，對百慕達草及律柏草莖的生長抑制效果都更加明顯。
 - (5) 從結果可明顯看出九重葛葉部萃取液對百慕達草及律柏草莖的生長抑制效果最明顯
2. 探討九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草及律柏草種子幼苗根生長的影響
- (1) 九重葛根部2.5%（低濃度）萃取液在前8天對百慕達草和律柏草根的生長有抑制效果但不特別明顯，影響程度隨濃度提高而加深，當10%（高濃度）萃取液時都有特別明顯的抑制作用，具有濃度效應。
 - (2) 百慕達草及律柏草的幼苗對於九重葛葉部萃取液最具敏感性，2.5%（低濃度）萃取液已經有明顯抑制這些作物的根生長情形，尤其作用在百慕達草幼苗的根生長，其生長率只有0.50抑制效果達50%以上，而且影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。
 - (3) 九重葛莖部萃取液以2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草及律柏草根的生長只有些微抑制作用，影響程度隨濃度提高但不特別明顯，甚至較高濃度實驗下，也不若葉、根萃取液明顯。
 - (4) 當九重葛葉部和根部萃取液濃度達5%以上時，對百慕達草及律柏草根的生長抑制效果都更加明顯。
 - (5) 從結果可明顯看出九重葛葉部萃取液對百慕達草及律柏草根的生長抑制效果最明顯
- (三) 探討經實驗四後九重葛植栽區土壤對百慕達草及律柏草種子萌發和生長的影響
1. 由實驗四的結果顯示，九重葛植栽區土壤對百慕達草及律柏草的幼苗生長都具有明顯的抑制作用，而且相較於一般市售的培養土抑制效果可近50%左右。
 2. 由實驗結果推論植栽九重葛的土壤中可能具有抑制物質存在，以抑制其他植物的種子萌發和幼苗生長。

三、相剋化合物釋放機制的推論

植物相剋作用的途徑可歸納為(1)揮發作用(2)淋溶作用(3)植物殘留分解作用(4)根泌作用四種。由此實驗結果的抑制效果推測九重葛可經由淋溶作用及根泌作用兩種方式進行植物的相剋，原因如下：

- (一) 九重葛葉萃取液抑制作用最明顯，推論相剋化合物由葉子合成，經雨水由葉片淋洗出，落到土壤中，抑制周圍植物生長。
- (二) 九重葛根萃取液的抑制作用，僅次於葉萃取液，因此推論相剋化合物運送到根後，由

根的根泌作用釋出於土壤中，影響附近植物生長。

- (三) 九重葛各部位的萃取液的抑制效果，在稀釋的濃度中大致也呈現葉萃取液優於其他部位的趨勢，表示九重葛多以淋溶作用此途徑達到毒他的目的。
- (四) 葉萃取液效果較佳也有可能藉由揮發作用影響其他植物生長，但因揮發作用多屬於空氣乾燥及雨水較少的內陸植物進行的途徑，台灣氣候潮濕，應不屬於此種相剋方式。

四、標準差的運用

- (一) 經過老師的說明後，我們知道標準差是一組數值自平均值分散開來的程度的一種測量觀念。一個較大的標準差，代表大部分的數值和他們平均值之間的差距較大；一個較小的標準差，代表這些數值比較接近平均值。以實驗的內容來看，一個較小的標準差可能代表著實驗的誤差比較小，實驗的變因控制比較理想。
- (二) 老師舉了兩組數的集合【0，5，9，14】和【5，6，8，9】，平均數都是7，但是第二個集合有比較小的標準差，如果以我們這個實驗的種子萌發數量內容來看，代表第二組數是比較穩定具有可參考性。
- (三) 老師教我們利用一般的計算機，計算了三組有關種子萌發數量的標準差，讓我們從計算出的標準差了解到我們實驗的穩定性。更從標準差的圖形中很快的看出每一組和他們平均值之間的差距較大小。
- (四) 希望以後能學會標準差的相關運用，並運用在科學實驗上的分析和改進。

五、應用價值

- (一) 九重葛容易栽植培養，適合用在校園的美化綠化，而且九重葛的相剋作用造成其他植物很難生存，可以省去除草的人力或費用，這樣的優勢使得九重葛是住家環境和校園美化綠化一個良好的植栽選擇。
- (二) 利用植物相剋作用的特質，若能進一步將九重葛合成的化合物分離與純化出來，具有製作天然殺草劑的可能性，以減少環境的污染。

六、省思與展望

- (一) 展望未來可進一步利用多酚類(polyphenols)染色法，觀察根、莖及葉的橫切面，以分析植物的相剋物質儲存於何處組織或如何運送。
- (二) 本實驗結果顯示九重葛樹確實有相剋作用，未來可將萃取液用於野外雜草，實地進行野外測試，以期瞭解當作天然除草劑的效果。
- (三) 植物相剋作用是否受到溫度、土壤酸鹼度或不同土質影響，可於後續研究進一步探討。
- (四) 可進一步研究植物相剋物質為何不會造成自毒的現象。

柒、 結論

- (一) 經觀察後選出的本校校園內10種植物（樟樹、榕樹、黑板樹、水黃皮、鳳凰木、小葉欖仁、非洲鳳仙花、茄苳、台灣欒樹、九重葛），採其相同濃度萃取液作為相剋作用抑制種子萌發和幼苗生長的實驗後，發現校園中的植物大都存有相剋的抑制現象，有些植物有相當明顯的抑制現象（如九重葛、榕樹、非洲鳳仙花、鳳凰木）抑制率可達50%以上，有些則有抑制現象但不是特別明顯（如茄苳、水黃皮）。而本校校園以九重葛萃取液抑制效果最為顯著。
- (二) 再進一步找出本校抑制效果最為顯著的校園植物（九重葛），取該植物根、莖、葉不同濃度粗萃取液對百慕達草及律柏草種子發芽和生長的影響進行實驗，發現九重葛葉、根萃取液都有非常明顯的抑制現象，隨著濃度的提昇抑制現象越明顯，並有如下現象：
1. 九重葛葉、根部萃取液對這兩種種子萌發的抑制最為明顯，其中葉部萃取液對百慕達草種子萌發的抑制效果達最敏感，抑制效果達50%以上。
 2. 九重葛葉、根部萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，而且其種子萌發率與萃取液濃度成反比，有濃度越高抑制效果越佳的趨勢，具有濃度效應，以10%萃取液（高濃度）抑制種子發芽的現象最明顯。
 3. 各種濃度的九重葛莖萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，但不若葉和根部萃取液的明顯，也有濃度越高抑制效果越佳的趨勢。
 4. 九重葛葉部萃取液最具抑制效果，對百慕達草及律柏草莖和根的生長抑制效果都最明顯，只需2.5%（低濃度）以上萃取液就能有明顯效果。
 5. 九重葛莖部萃取液抑制效果與葉和根萃取液相比比較不特別明顯，但對百慕達草及律柏草莖和根的生長仍然有抑制效果。
 6. 九重葛根部萃取液在2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草莖和根的生長抑制效果比律柏草莖和根的生長抑制效果稍差；但是在5%、10%濃度萃取液實驗時兩者效果差不多，影響程度隨濃度提高而加深抑制效果，當10%濃度萃取液時都有很明顯效果。
 7. 九重葛植栽區土壤對百慕達草及律柏草的幼苗生長都具有明顯的抑制作用，而且抑制效果相較於一般市售的培養土可近50%左右。推論植栽九重葛的土壤中可能具有抑制物質存在，以抑制其他植物的種子萌發和幼苗生長。推論九重葛是藉由淋溶及根泌作用達成相剋作用，以影響周圍植物生長，避免其他植物競爭共同資源。
- (三) 本實驗結果顯示九重葛樹確實有相剋作用，可以影響周圍植物生長，避免其他植物競爭共同資源，可以省去除草的人力或費用，這樣的優勢使得九重葛是住家環境和校園美化綠化一個良好的植栽選擇。
- (四) 這次的科展研究讓我們這群國小五年級學生經歷了一次如「少年pi的奇幻漂流」一般的驚奇和意外，從老師講授小五植物世界面面觀的植物根莖葉功能、植物傳宗接代的方法和怎樣將植物分類時同學間的疑惑，延伸到為了解決疑惑的實驗，最後意外的發現原來校園中的植物大都存有相剋的抑制現象，甚至有些植物有相當明顯的抑制現象（如九重葛、榕樹、非洲鳳仙花、鳳凰木），更讓人意外的是以九重葛萃取液抑制效

果最為顯著。而且更在整個研究過程中激發我們對科學研習的興趣與獨力研究的潛能，更培養了我們「存疑創新、即物窮理」科學精神，和「客觀理智、嚴密徹底」的科學態度。

捌、 參考資料及其他

- 一、周昌宏（1990）植物生態學。聯經出版公司。433頁。
- 二、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。
- 三、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。
- 四、植物相剋作用的研究<http://pckweb.ncue.edu.tw>
- 五、周昌弘（1995），環境教育的生態學基礎，教育資料集刊
- 六、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。台灣林業期刊，66，Vol.32 No.3。

玖、附錄

一、各種實驗數據：

萃 取 液 萌 發	水	九重葛	榕樹	黑板樹	非洲鳳仙花	小葉欖仁	水黃皮	鳳凰木	樟樹	茄苳	台灣欒樹
萌發數（平均值）	30.2	9.4	12.6	15.4	14.8	20.2	16.2	18.4	17.2	20.8	16.6
萌發率(%)	75.5	23.5	31.5	38.5	37	50.5	40.5	46	43	52	41.5
標準差	0.75	0.52	0.49	0.49	0.4	0.75	0.75	0.49	0.67	0.75	0.49

附表一 校園植物粗萃取液對百慕達草種子萌發之比較

萃 取 液 萌 發	水	九重葛	榕樹	黑板樹	非洲鳳仙花	小葉欖仁	水黃皮	鳳凰木	樟樹	茄苳	台灣欒樹
萌發數（平均值）	37.4	10.8	14.6	21.2	18.8	19.4	25.4	18.6	23.4	28.6	27.4
萌發率（%）	93.5	27	36.5	53	47	48.5	63.5	46.5	58.5	71.5	68.5
標準差	1.02	0.75	0.49	0.75	0.75	0.49	1.02	0.49	0.49	0.8	0.49

附表二 校園植物粗萃取液對律柏草種子萌發之比較

萃 取 液		重 量 百 分 濃 度	水	2.5%	5%	10%
九重葛根	萌發數（平均值）	30.6	22.8	18.6	10.2	
	萌發率（%）	76.5	57	46.5	25.5	
九重葛莖	萌發數（平均值）	30.6	23.4	19.8	18.8	
	萌發率（%）	76.5	58.5	49.5	47	
九重葛葉	萌發數（平均值）	30.6	19.8	14.6	8.2	
	萌發率（%）	76.5	49.5	36.5	20.5	

附表三 九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草種子萌發之比較

萃 取 液 重 量 百 分 濃 度		水	2.5%	5%	10%
九重葛根	萌發數 (平均值)	37.4	29.4	25.8	18.6
	萌發率 (%)	93.5	73.5	64.5	46.5
九重葛莖	萌發數 (平均值)	37.4	32.2	30.8	28.2
	萌發率 (%)	93.5	80.5	77	70.5
九重葛葉	萌發數 (平均值)	37.4	28.2	23.4	15.8
	萌發率 (%)	93.5	70.5	58.5	39.5

附表四 九重葛不同部位不同濃度萃取液對律柏草種子萌發之比較

萃 取 液 重 量 百 分 濃 度 (%)			水	2.5%	5%	10%
九重葛根	幼苗莖	長度 (cm)	1.4	1.1	0.9	0.5
		生長率	1	0.79	0.64	0.36
九重葛莖	幼苗莖	長度 (cm)	1.4	1.2	1.1	1.0
		生長率	1	0.86	0.79	0.71
九重葛葉	幼苗莖	長度 (cm)	1.4	0.8	0.5	0.2
		生長率	1	0.57	0.36	0.14

附表五 九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草莖生長的影響

萃 取 液 重 量 百 分 濃 度 (%)			水	2.5%	5%	10%
九重葛根	幼苗莖	長度 (cm)	3.6	2.4	1.7	1.1
		生長率	1	0.67	0.47	0.31
九重葛莖	幼苗莖	長度 (cm)	3.6	2.9	2.7	2.6
		生長率	1	0.81	0.75	0.72
九重葛葉	幼苗莖	長度 (cm)	3.6	2.1	1.4	0.8
		生長率	1	0.58	0.39	0.22

附表六 九重葛不同部位不同濃度萃取液對律柏草莖生長的影響

萃 取 液 重 量 百 分 濃 度 (%)			水	2.5%	5%	10%
九重葛根	幼苗根	長度 (cm)	1.8	1.3	0.9	0.5
		生長率	1	0.72	0.50	0.28
九重葛莖	幼苗根	長度 (cm)	1.8	1.4	1.3	1.1
		生長率	1	0.77	0.72	0.61
九重葛葉	幼苗根	長度 (cm)	1.8	0.9	0.6	0.3
		生長率	1	0.50	0.33	0.17

附表七 九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草根生長的影響

萃 取 液 重 量 百 分 濃 度 (%)			水	2.5%	5%	10%
九重葛根	幼苗根	長度 (cm)	4.4	3.1	2.3	1.4
		生長率	1	0.70	0.52	0.31
九重葛莖	幼苗根	長度 (cm)	4.4	3.4	3.2	2.9
		生長率	1	0.77	0.73	0.66
九重葛葉	幼苗根	長度 (cm)	4.4	2.6	1.7	1.1
		生長率	1	0.59	0.39	0.25

附表八 九重葛不同部位不同濃度萃取液對律柏草根生長的影響

待 測 植 株 土 壤 種 類		栽植過九重葛的土壤	市售培養土
百慕達草	萌發數 (平均值)	17.4	31.6
	萌發率 (%)	43.5	79.0
	標準差	0.49	0.80
律柏草	萌發數 (平均值)	20.6	37.8
	萌發率 (%)	51.5	94.5
	標準差	0.49	0.75

附表九 九重葛植栽過的土壤對植物種子萌發的影響

待測植株		土壤種類	栽植九重葛土壤	市售培養土
百慕達草	幼苗莖平均長度 (cm)		0.9	1.9
	生長率		0.47	1
律柏草	幼苗莖平均長度 (cm)		2.1	4.1
	生長率		0.51	1

附表十 九重葛植栽過的土壤對植物幼苗莖生長的影響

二、實驗記錄



相片一：種子萌發（各種植物萃取液）



相片二：種子萌發（貼上植物萃取液標籤）



相片三：百慕達草種子萌發（茄苳萃取液）



相片四：律柏草種子萌發（茄苳萃取液）



相片五：百慕達草種子萌發（九重葛萃取液）



相片六：律柏草種子萌發（九重葛萃取液）



相片七；百慕達草種子萌發（樟樹萃取液）



相片八；律柏草種子萌發（樟樹萃取液）



相片九；百慕達草種子萌發（榕樹萃取液）



相片十；律柏草種子萌發（榕樹萃取液）



相片十一百慕達草種子萌發（台灣欒樹萃取液）



相片十二；律柏草種子萌發（台灣欒樹萃取液）



相片十三;百慕達草種子萌發(黑板樹萃取液)



相片十四;律柏草種子萌發(黑板樹萃取液)



相片十五;百慕達草種子萌發(鳳凰木萃取液)



相片十六;律柏草種子萌發(鳳凰木萃取液)



相片十七;百慕達草種子萌發(非洲鳳仙萃取)



相片十八;律柏草種子萌發(非洲鳳仙萃取)



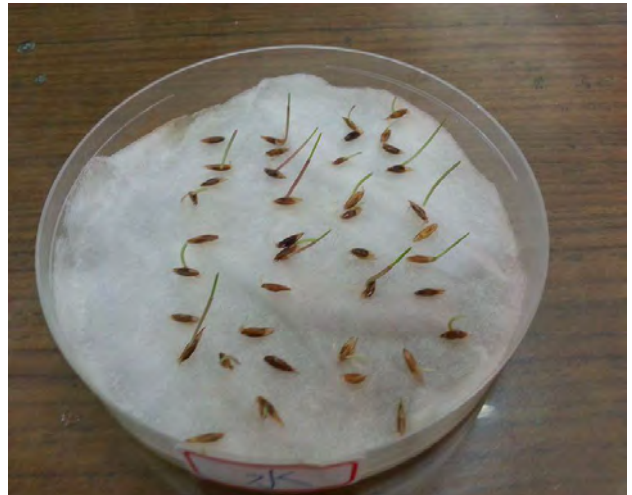
相片十九；百慕達草種子萌發（水黃皮萃取）



相片二十；律柏草種子萌發（水黃皮萃取液）



相片二十一；百慕達草種子萌發（水-10天）



相片二十二；律柏草種子萌發（水-10天）



相片二十三九重葛葉萃取液對律柏草生長影響



相片二十四：九重葛萃取液對百慕達草生長影響



相片二十五：水與根 5%萃取液對律柏草莖生長的影響



相片二十六：水與莖 5%萃取液對律柏草莖生長的影響



相片二十七：水與根 10%2.5%萃取液對律柏草莖生長的影響



相片二十八：水與根 10%萃取液對律柏草莖生長的影響



相片二十九：根莖葉 10%萃取液對生長影響



相片三十：葉 10%5%2.5%萃取液對生長影響



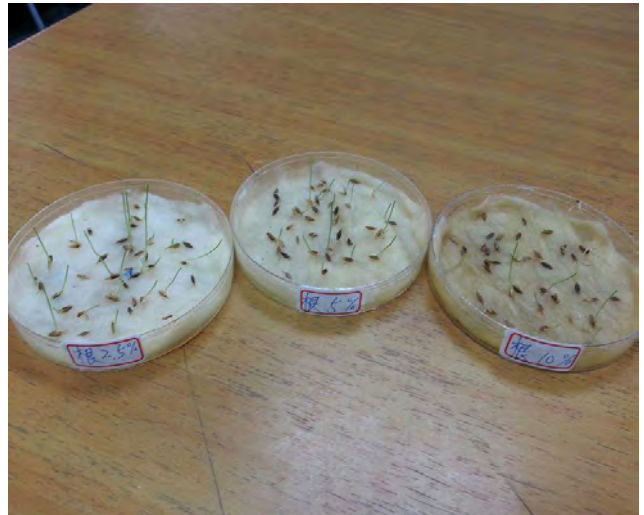
相片三十一：根 2.5%5%10%萃取液生長影響



相片三十二：莖 2.5%5%10%萃取液生長影響



相片三十三：根莖葉不同萃取液對生長影響



相片三十四：根 10%5%2.5%萃取液生長影響



相片三十五：葉 10%5%2.5%萃取液生長影響



相片三十六：莖 2.5%5%10%萃取液生長影響



相片三十七：根莖葉不同濃度萃取液對種子萌發與生長



相片三十八：葉 10%萃取液對律柏草生長影響



相片三十九：葉 5%萃取液對律柏草生長影響



相片四十：根 10%萃取液對律柏草生長的影響



相片四十一：根 5%萃取液對律柏草生長影響



相片四十二：水對律柏草的萌發和生長

【評語】 080304

利用校園植物的根、莖、葉之粗萃取液及土壤，進行百慕達草及律伯草種子的抑制作用實驗，有實驗組及控制組，觀察及記錄仔細。結果發現九重葛葉的抑制作用最佳，根次之，推測可能藉淋溶作用及根泌作用達到抑制效果。研究成果可實際運用在校園植物防治雜草的用途上，值得讚許。實驗結果數據量化簡潔明確，排版流暢好讀，結論清楚明瞭。若能在文章中加入實際種子萌發的照片，以及對實驗物種稍作介紹，則可使研究內容更加豐富優良。另建議針對九重葛下可生長之植物如何生存，可聚焦探索。

摘要

同學提出校園觀察時發現的問題，經老師解說和引用相關研究，發現校園植物中有些在其所在之處，周圍雜草稀少，甚至少有其他植物，本實驗採集符合此一現象的校園常見植物，進行根、莖、葉粗萃取液培養百慕達草及律柏草種子，觀察是否具有抑制作用。結果顯示校園中多種植物的萃取液皆會抑制種子萌發及幼苗生長，其中以九重葛的抑制效果最顯著。因此採集九重葛的根、莖、葉不同濃度萃取液進行百慕達草及律柏草的萌芽和生長實驗，發現九重葛的葉萃取液抑制效果最佳、根次之，而且隨著濃度越高效果越好。並根據九重葛植栽土壤具有抑制萌芽和生長作用的實驗，因此推論九重葛可能藉由淋溶作用及根泌作用達成相剋作用以影響植物的萌發與生長。

01 研究動機

1 0 6 學年度第一學期（五上）上自然與生活科技學習領域第二單元植物世界畫面觀時，當老師正在教我們植物根莖葉功能、植物傳宗接代的方法和怎樣將植物分類時，有同學突然舉手提出校園植物中有些在其所在之處，周圍雜草稀少，甚至少有其他植物，引發同學間的熱烈討論，甚至有同學提出是不是那些植物本身有毒，所以其他植物無法靠近他生存或不容易靠近他生存，經過老師說明後，我們才知道原來植物間有所謂的「相剋作用」。而相剋作用是指植物在代謝過程中釋放出有毒物質以抑制本身或鄰近植物種子萌發及植株發育生長的過程。課後，我們實地去觀察了校園內植物，發現真的有些校園植物在其所在之處，周圍雜草稀少，甚至少有其他植物，推測這可能是老師說的相剋作用，植物會分泌毒他物質，因此其他植物無法靠近他生存或不容易靠近他生存。當我們將校園實際觀察的結果報告老師後，老師除了讚美我們求真和求證的精神外，也鼓勵我們可以從校園植物生長情形開始調查有哪些是有這樣的抑制情形，進一步進行實驗設計找出校園中抑制效果最為顯著的植物，再進一步研究採集此種植物的根、莖、葉進行粗萃取，進行不同濃度粗萃取液對種子的萌芽和生長實驗，觀察是否具有抑制作用，並用這些植物生長的土壤來培養種子進行萌發和生長影響的實驗。找出抑制效果最為顯著的校園植物可能是藉由哪種方法達成相剋作用以影響植物生長。老師並提供學長們曾經做過的相關研究供我們參考，並鼓勵我們跟以往實驗不同是將萃取液實際應用在草種子（百慕達草及律柏草種子）的萌發和生長，找出校園中誰的抑制效果最好。

02 研究目的

- 一、觀察校園內植物是否有植物相剋的現象
- 二、測試萃取出的植物汁液抑制草種子萌發與生長效果最為顯著的植物
- 三、抑制效果最為顯著的植物根莖葉不同部位不同濃度的粗萃取液對草種子生長影響之差異
- 四、抑制效果最為顯著的植物植栽土壤中是否含有相剋物質
- 五、推論植物利用何種途徑對其他植物造成排他作用
- 六、激發對科學研習的興趣與獨力研究的潛能，培養對科學的正確觀念及態度。

03 研究過程或方法

實驗一、選取校園植物粗萃取液對百慕達草和律柏草種子萌發的影響，並找出校園中抑制效果最為顯著的植物

1. 配製植物萃取液
 - (1) 觀察校園植物生長情形並找出有哪些是符合抑制現象（周圍雜草稀少，甚至少有其他植物），從中找出10種植物（樟樹、榕樹、黑板樹、水黃皮、鳳凰木、小葉欖仁、非洲鳳仙花、茄苳、台灣欒樹、九重葛）進行粗萃取。
 - (2) 分別秤取上述10種植物根、莖、葉15 g加水配成重量濃度10%的溶液，放入果汁機攪拌10 分鐘。
 - (3) 以紗布分別過濾其濾液，分別裝入10個燒杯中並貼上植物名稱以供辨識。
 - (4) 將各種植物萃取液以保鮮膜密封置入冰箱保存在4度C以下，實驗時再取出運用。
2. 10種植物粗萃取液對百慕達草及律柏草種子萌發的影響
 - (1) 取11個培養皿，分別鋪上適當大小的棉花
 - (2) 每一個培養皿中放入40顆百慕達草種子，在培養皿中分別加入下列溶液15ml，編號1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11。置於室溫下，8天後觀察萌發情形。（本實驗種子萌發的定義為胚根冒出）。重複上述步驟5次，記錄數據並求得平均值。
 - (3) 將律柏草種子取代百慕達草種子，重複上述（1）~（2）步驟。

實驗二、由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物，取該植物根、莖、葉不同濃度粗萃取液對百慕達草及律柏草種子萌發的影響施行實驗

1. 配製植物萃取液
 - (1) 由實驗一找出抑制種子萌發效果最為顯著的校園植物（九重葛）進行粗萃取。
 - (2) 分別秤取上述抑制效果最為顯著的植物根、莖、葉50 g加水配成重量濃度10%的溶液，放入果汁機攪拌10 分鐘。
 - (3) 以紗布分別過濾其濾液，分別裝入燒杯中並貼上標籤標明萃取部位和濃度以供辨識。
 - (4) 將各部位植物萃取液以保鮮膜密封置入冰箱保存在4度C以下；實驗中可取出部分溶液加水稀釋成5%、2.5%等各種濃度，置於冰箱中備用。
2. 抑制效果最顯著的植物粗萃取液對百慕達草及律柏草種子萌發的影響
 - (1) 取10個培養皿，分別鋪上適當大小的棉花
 - (2) 每一個培養皿中放入40顆百慕達草種子，在培養皿中分別加入下列溶液15ml，編號1、2、3、4、5、6、7、8、9、10。置於室溫下，8天後觀察萌發情形。（本實驗種子萌發的定義為胚根冒出）。重複上述步驟5次，記錄數據並求得平均值。
 - (3) 將律柏草種子取代百慕達草種子，重複上述（1）~（2）步驟。

實驗三、由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物，取該植物根、莖、葉不同濃度粗萃取液對百慕達草及律柏草種子幼苗生長的影響實驗

1. 取10個培養皿，分別鋪上適當大小的棉花
2. 每一個培養皿中放入40顆百慕達草種子，在培養皿中分別加入下列溶液15ml，編號1、2、3、4、5、6、7、8、9、10。置於室溫下，分別於第8天測量所有萌發之種子數量。第20天觀察並記錄各組培養皿中植株幼苗的莖、根長之生長情形。
3. 測量所有萌發之種子於其第12天時幼苗的莖、根長度，並取其平均值。
4. 生長率：編號第一組（加水處理）作為對照組，其幼苗的莖、根長設定為1，其餘2~10組實驗組的幼苗的莖、根長對其（第一組）的比值。
5. 重複上述步驟5次，記錄數據並求得平均值。
6. 將律柏草種子取代百慕達草種子，重複上述 1~5 步驟。

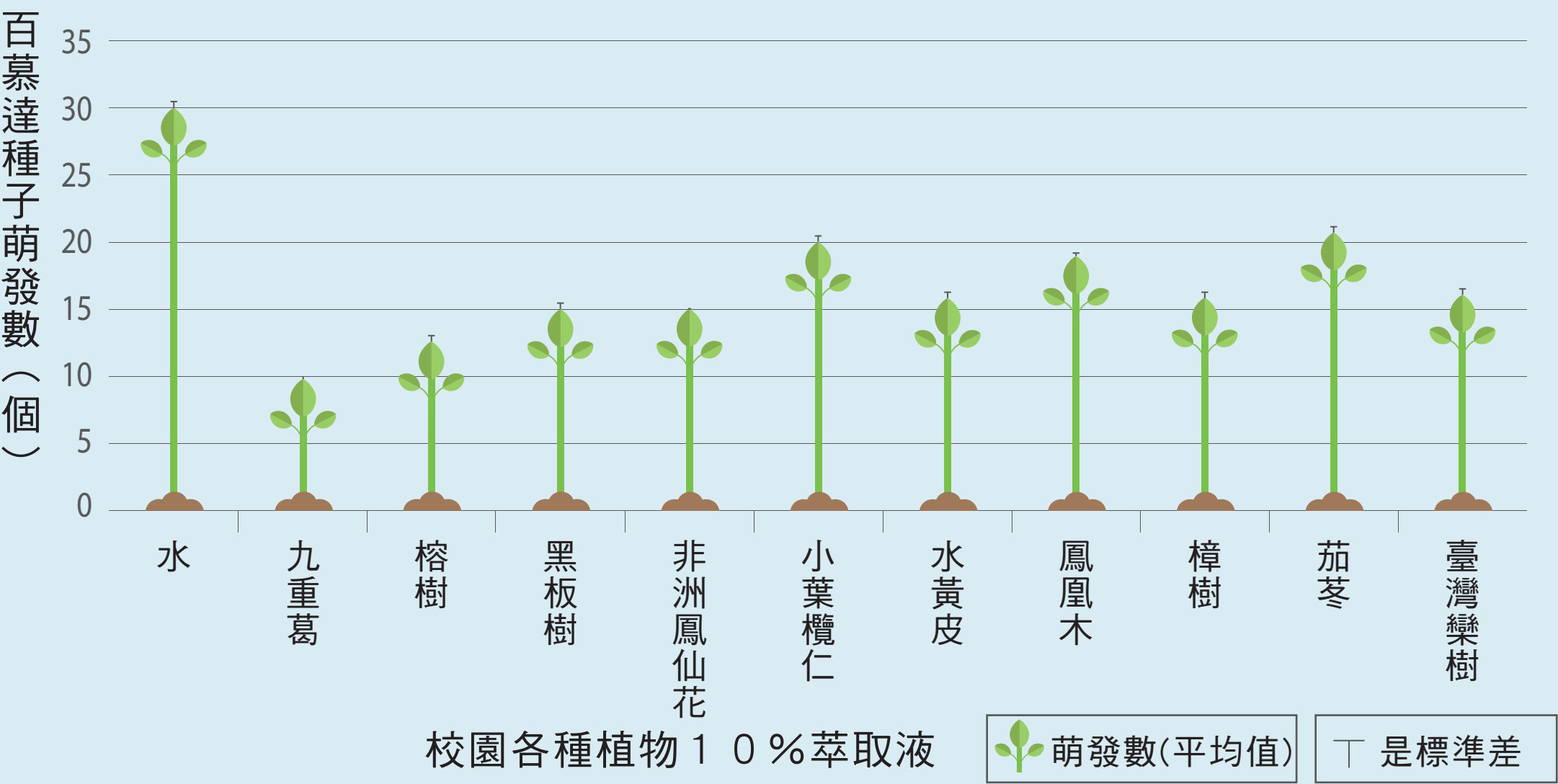
實驗四、由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物植栽區土壤對百慕達草及律柏草種子萌發和生長的影響實驗

1. 蒐集校園中由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物（九重葛）植栽區土壤。
2. 將土壤置放在培養皿中，每一個培養皿中放入40顆百慕達草種子以作為實驗組。
3. 以市售培養土作為對照組，同時在培養皿中放入40顆百慕達草種子。
4. 觀察40顆百慕達草種子的萌發（種植第8天）和幼苗莖的生長（種植第12天）情形。
5. 重複上述步驟5次，記錄數據並求得平均值。
6. 將律柏草種子取代百慕達草種子，重複上述 1~5 步驟。

04 研究結果

一、校園植物粗萃取液對百慕達草和律柏草種子發芽率的影響

圖一 校園植物粗萃取液對百慕達草種子萌發之比較

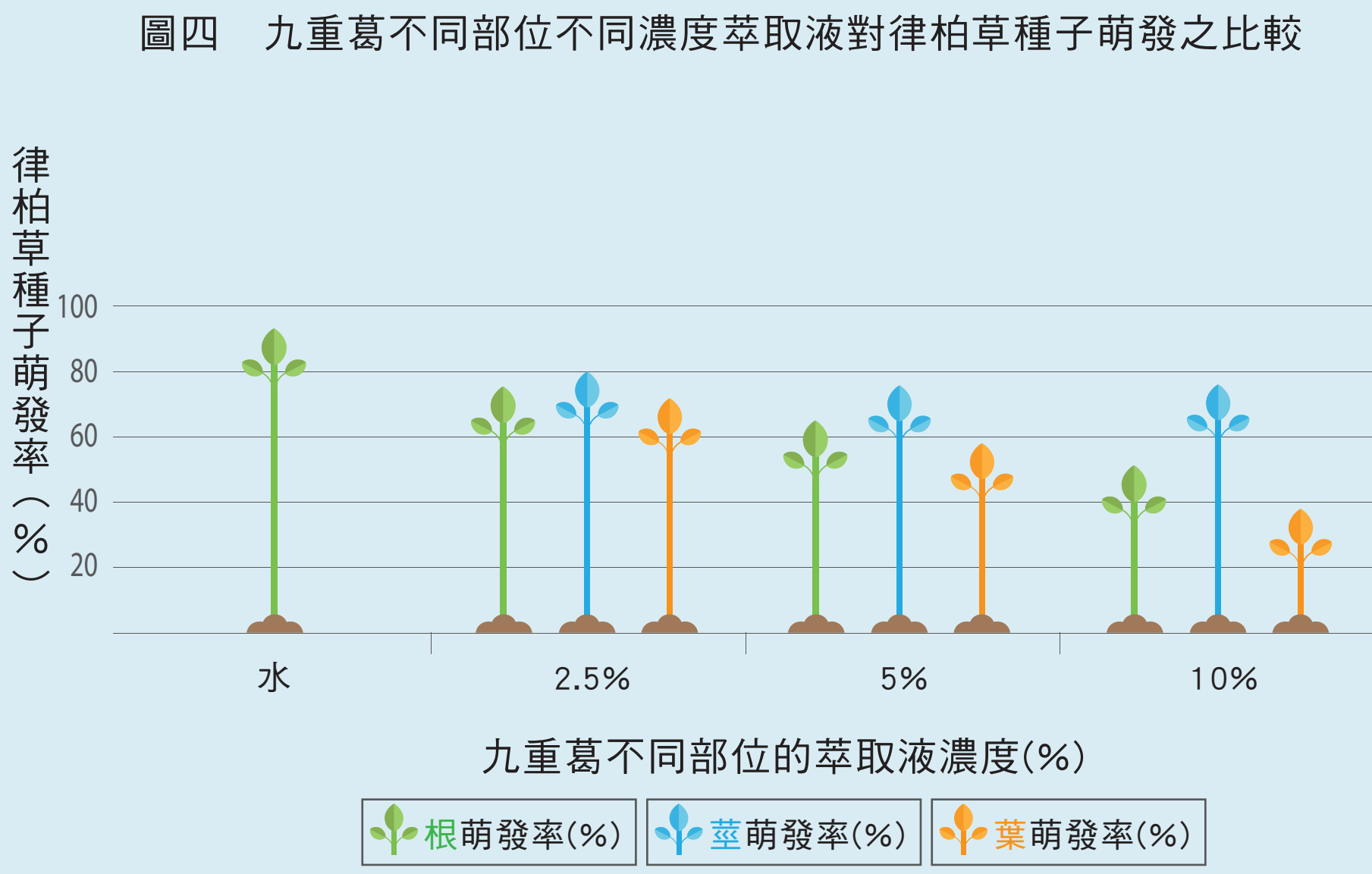
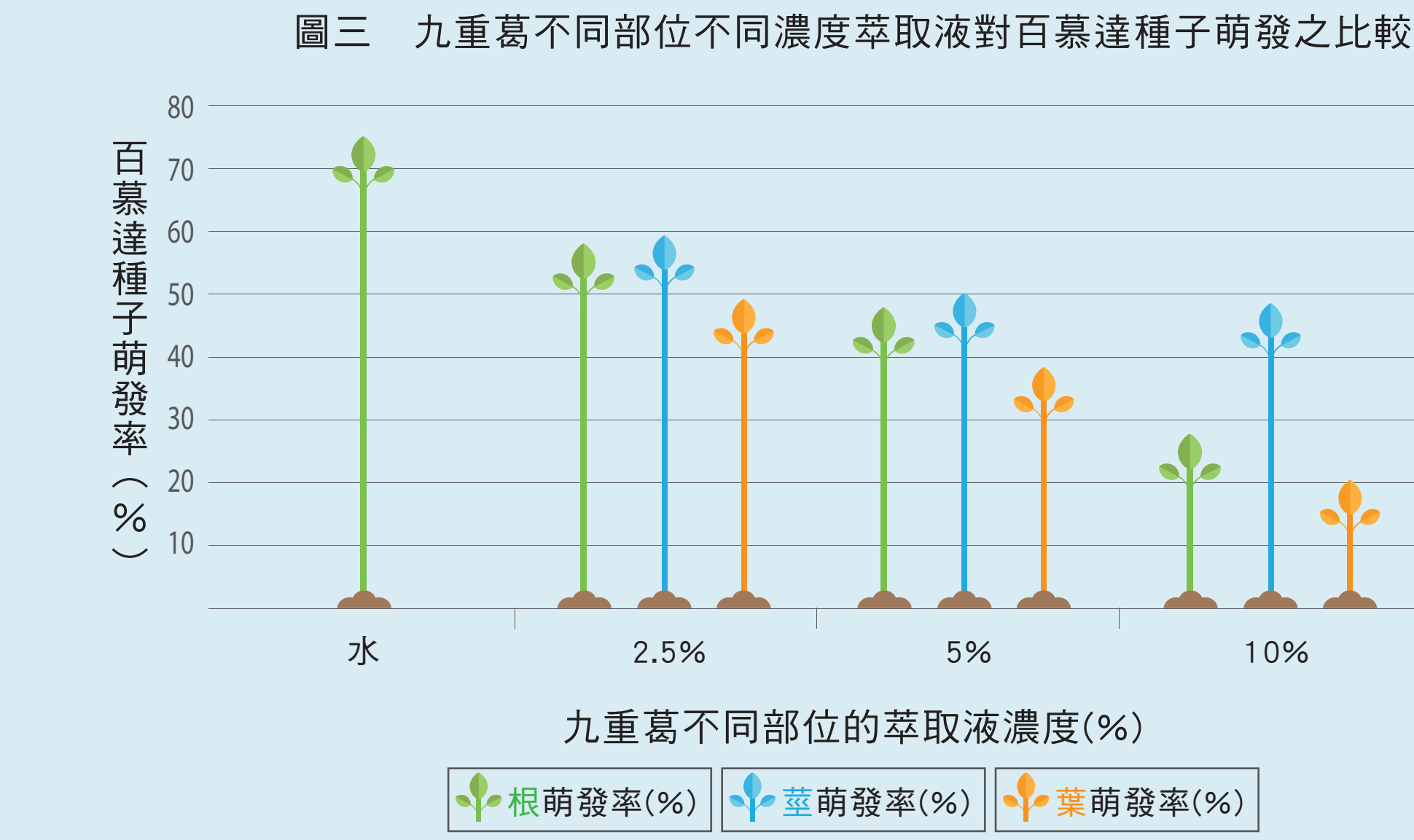


圖二 校園植物粗萃取液對律柏草種子萌發之比較



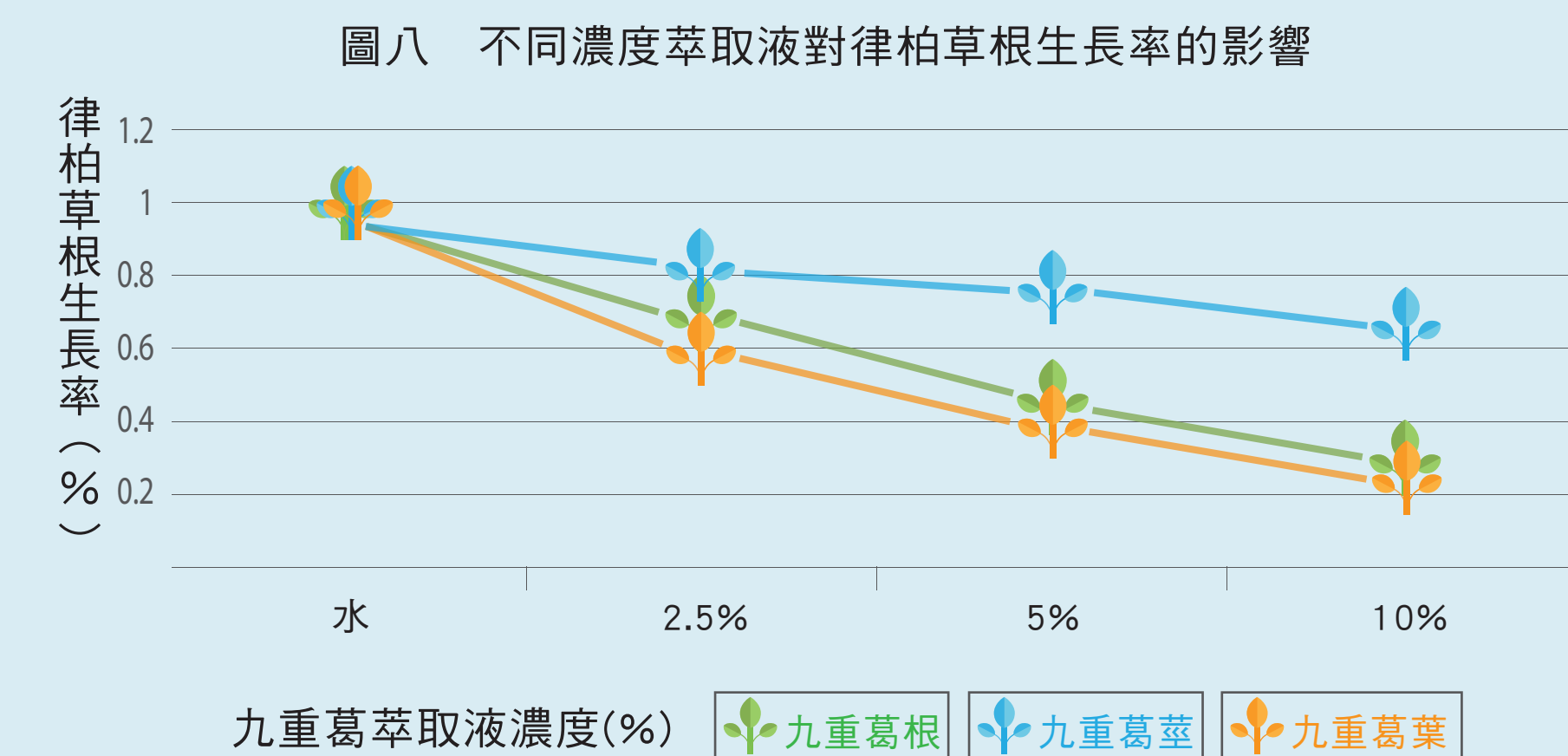
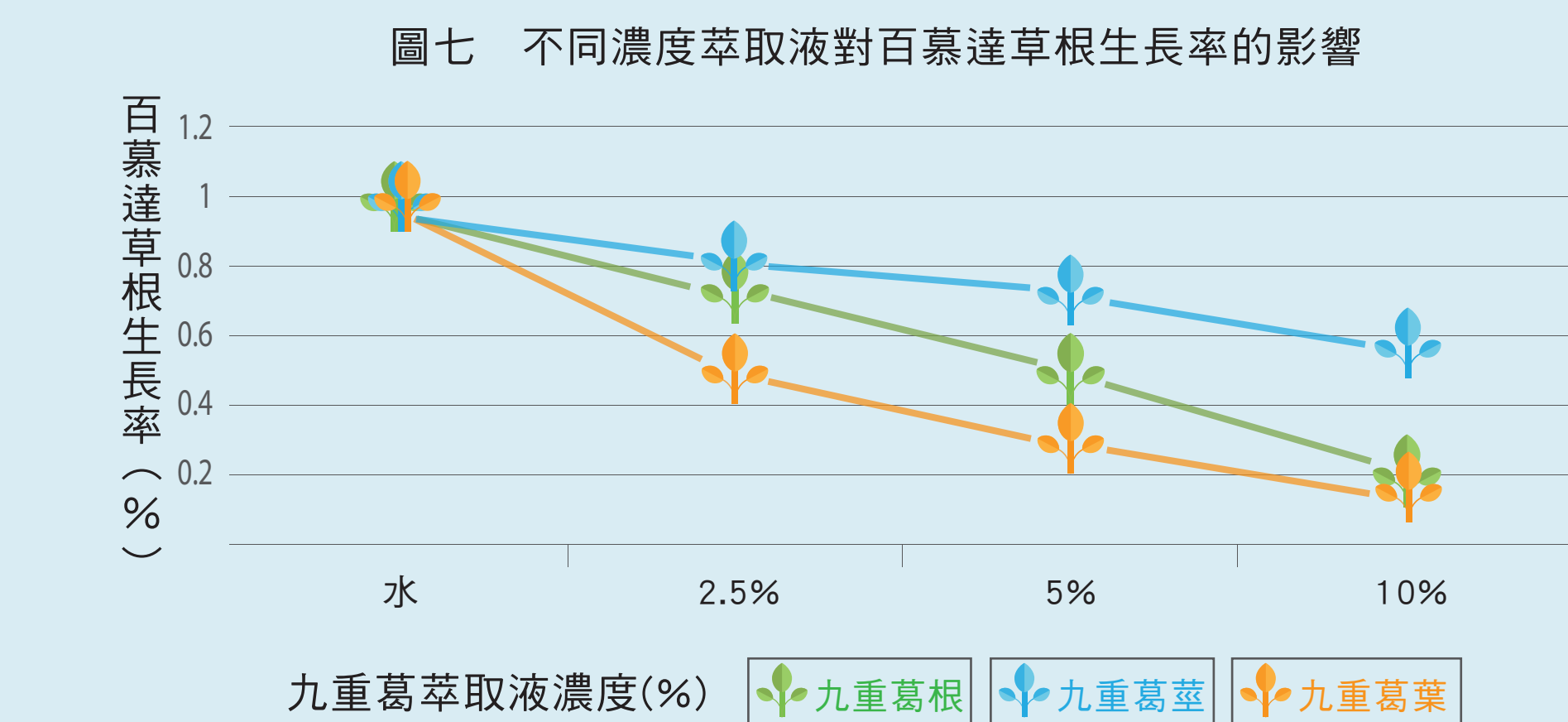
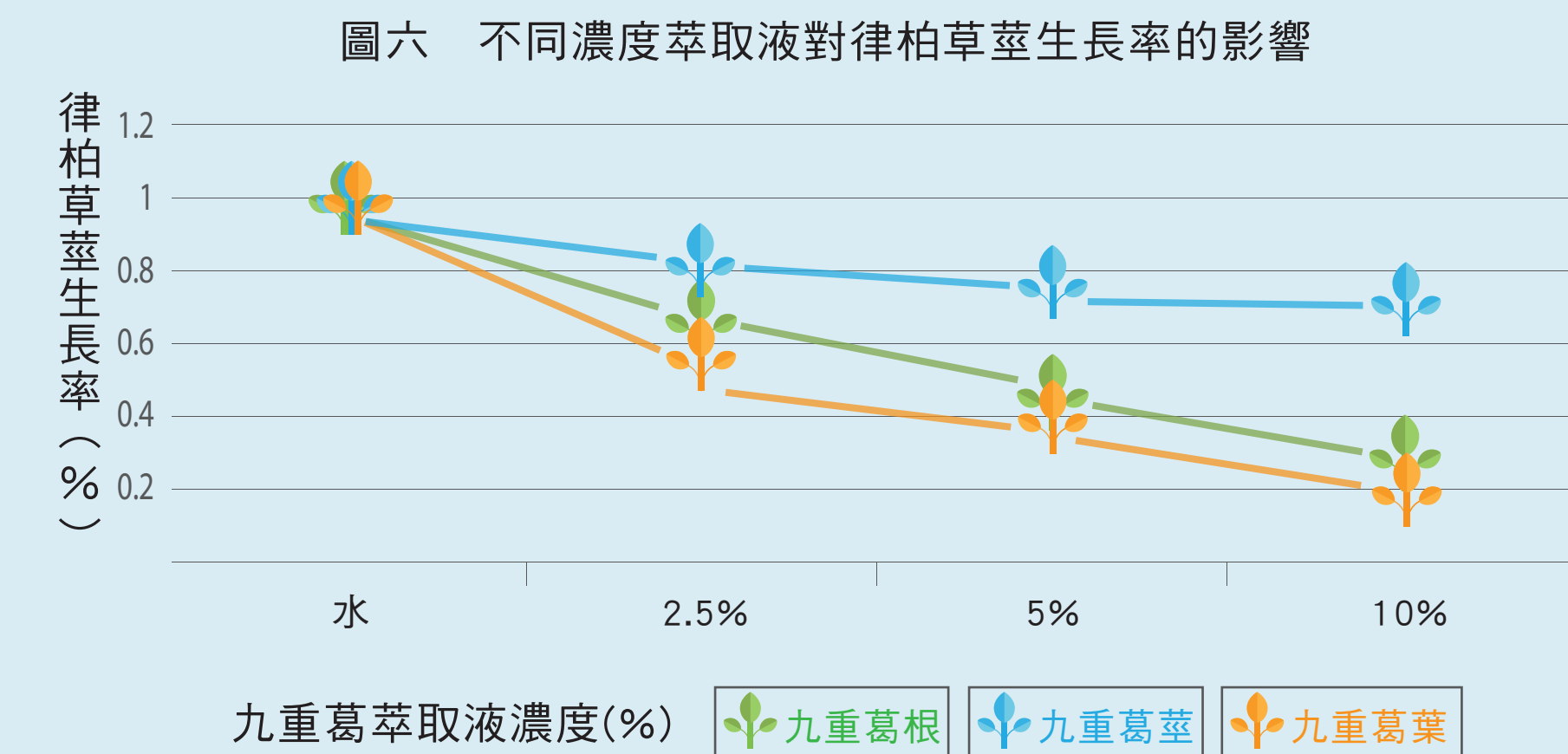
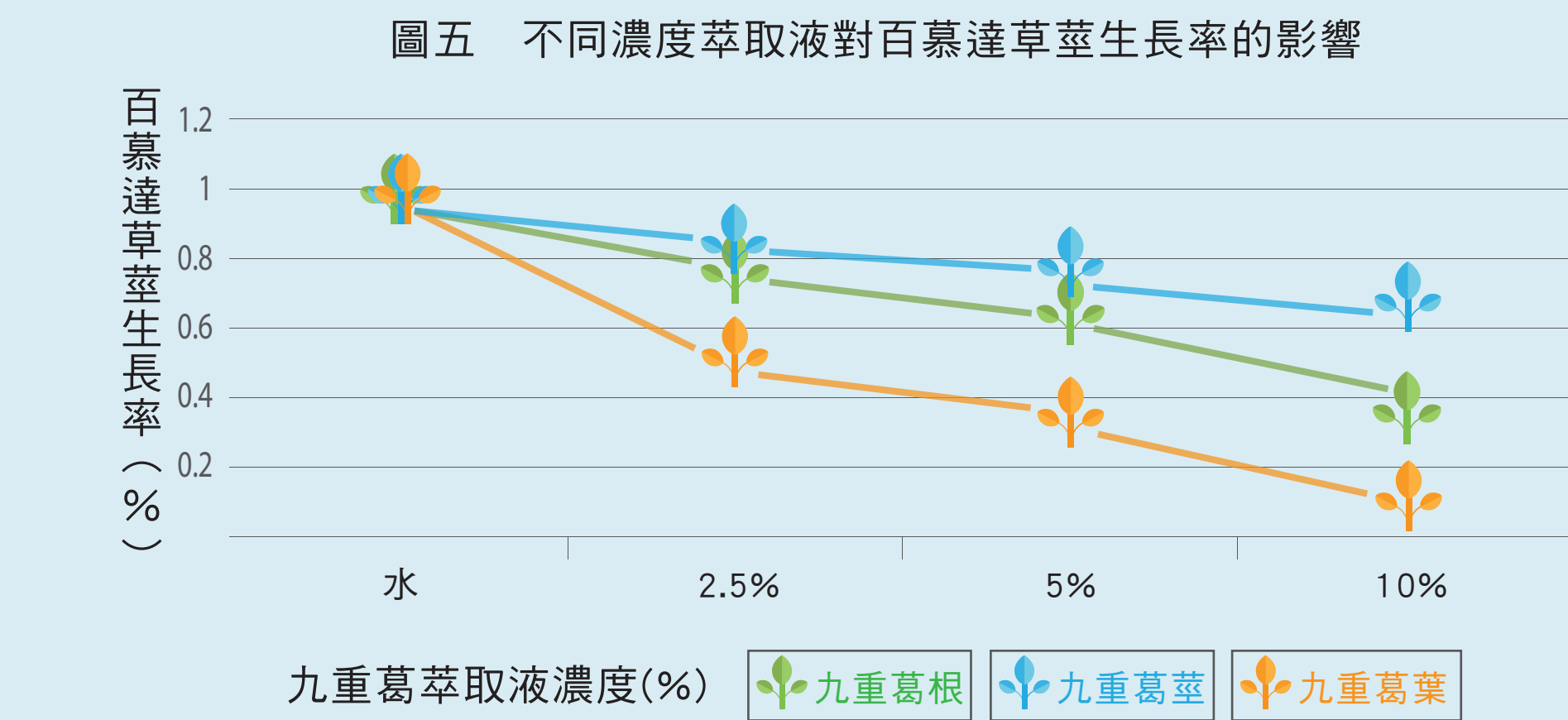
- (一) 根據圖一、圖二的結果，從校園植物中找出的10種（樟樹、榕樹、黑板樹、水黃皮、鳳凰木、小葉欖仁、非洲鳳仙花、茄苳、台灣欒樹、九重葛）符合抑制現象（周圍雜草稀少，甚至少有其他植物）的植物，從粗萃取液處理種子萌發的實驗，發現均有抑制百慕達草、律柏草種子發芽的效果，尤其以九重葛、榕樹、非洲鳳仙花對這兩種種子萌發的抑制最為明顯，其中又以九重葛的抑制效果最敏感。（可參考附表一、二數據）
- (二) 本實驗是校園植物粗萃取液（10%）相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，並選出最明顯者（九重葛）繼續後續的實驗與研究。

二、由實驗一找出抑制效果最為顯著的本校校園植物（九重葛），取該植物根、莖、葉不同濃度粗萃取液對百慕達草及律柏草種子發芽率的影響



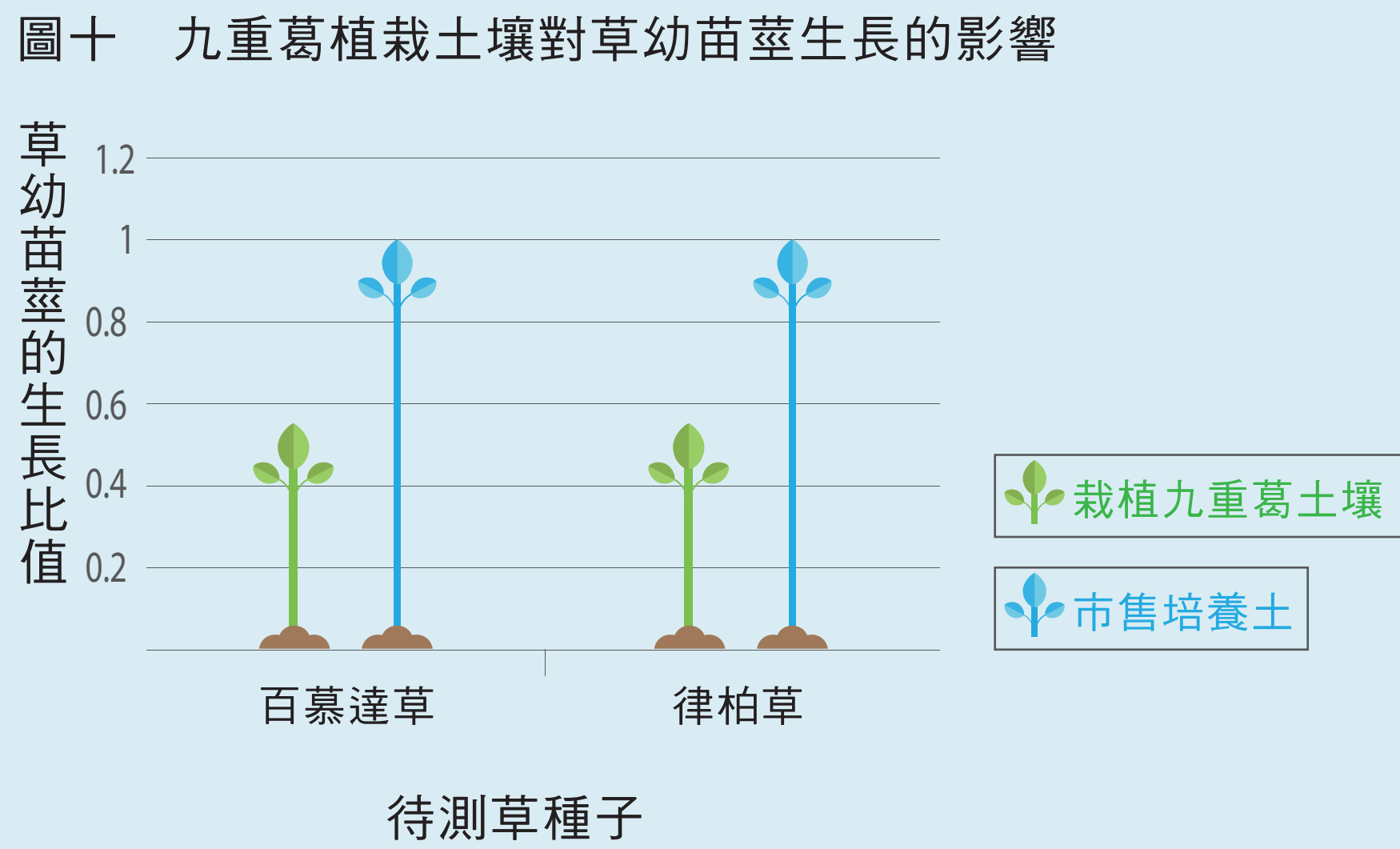
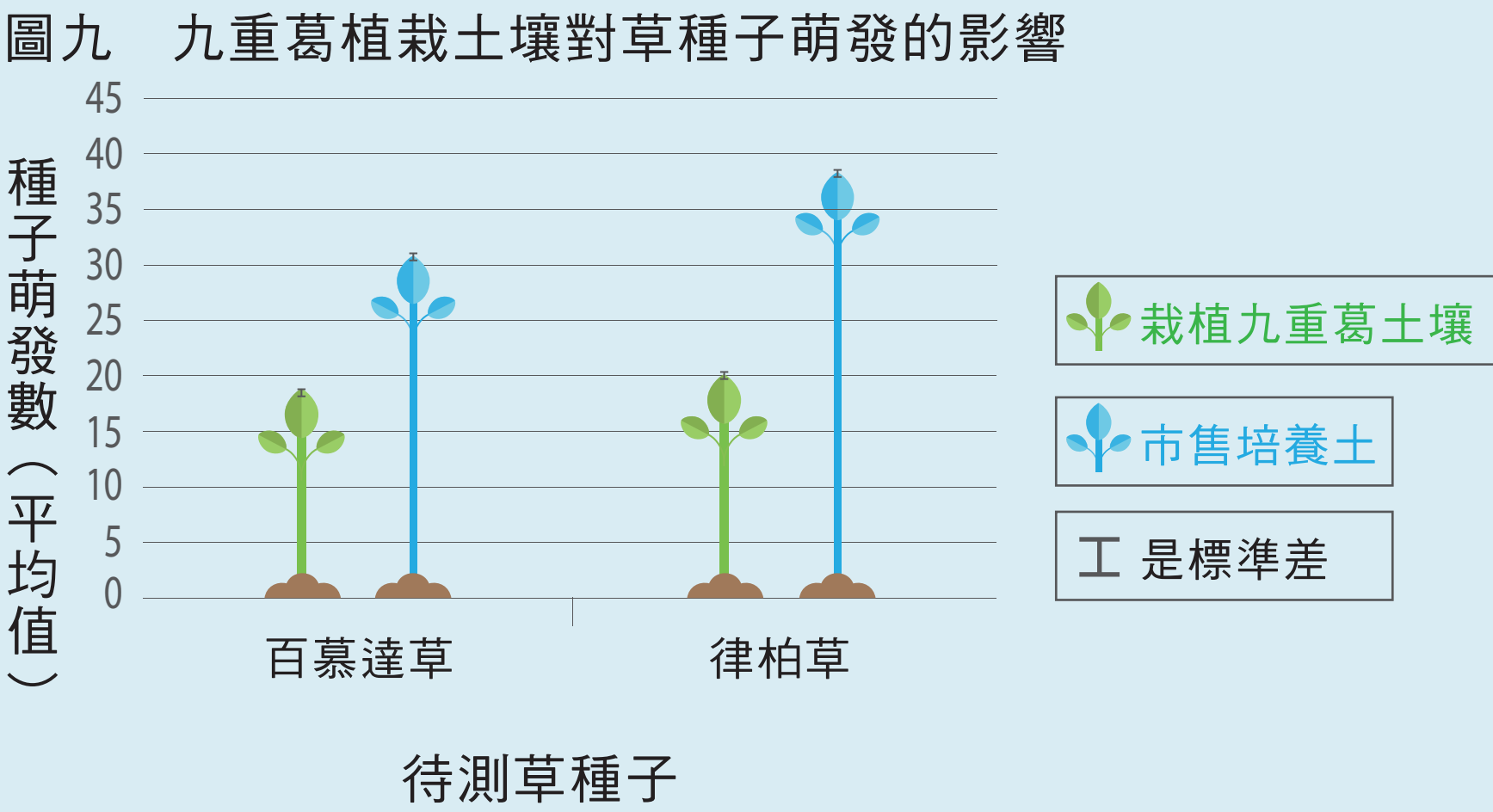
- (一) 根據圖三、圖四的結果，九重葛的根莖葉萃取液處理種子萌發的實驗中，發現均有抑制百慕達草、律柏草種子發芽的效果，尤其以葉、根部萃取液對這兩種種子萌發的抑制最為明顯，其中葉部萃取液對百慕達草和律柏草種子萌發的抑制效果達最敏感，抑制效果都達50%以上。
- (二) 各種濃度的九重葛葉、根部萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，而且其種子萌發率與萃取液濃度成反比，有濃度越高抑制效果越佳的趨勢，具有濃度效應，以10%萃取液（高濃度）抑制種子發芽的現象最明顯（如圖三、圖四）。（詳細數據的差距可參考附表三、四）
- (三) 各種濃度的九重葛莖萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，但不若葉和根部萃取液的明顯，也有濃度越高抑制效果越佳的趨勢。

三、由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物（九重葛）萃取液對百慕達草及律柏草種子幼苗生長的影響



- (一) 根據圖五、圖六的結果得知，九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草及律柏草種子幼苗莖生長的影響：
- 九重葛根部2.5%（低濃度）萃取液在前8天對於律柏草莖的生長有些微抑制效果，而對於百慕達草則有較為明顯的抑制，影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。
 - 百慕達草及律柏草的幼苗對於九重葛葉部萃取液最具敏感性，2.5%（低濃度）萃取液已經有明顯抑制這些作物的莖生長情形，尤其作用在百慕達草及律柏草幼苗的莖生長率0.57、0.58有明顯的抑制，而且影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。
 - 九重葛莖部萃取液以2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草及律柏草莖的生長只有些微抑制作用，影響程度隨濃度提高但不特別明顯。
 - 當九重葛葉部和根部萃取液濃度達5%以上時，對百慕達草及律柏草莖的生長抑制效果都更加明顯。
 - 從圖五、圖六的曲線可明顯看出九重葛葉部萃取液對百慕達草及律柏草莖的生長抑制效果最明顯。（詳細數值可參考附件五、六的說明）
- (二) 根據圖七、圖八的結果得知，九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草及律柏草種子幼根生長的影響：
- 九重葛根部2.5%（低濃度）萃取液在前8天對百慕達草和律柏草根的生長有抑制效果但不特別明顯，影響程度隨濃度提高而加深，當10%（高濃度）萃取液時都有特別明顯的抑制作用，具有濃度效應。
 - 百慕達草及律柏草的幼苗對於九重葛葉部萃取液最具敏感性，2.5%（低濃度）萃取液已經有明顯抑制這些作物的根生長情形，尤其作用在百慕達草幼苗的根生長，其生長率只有0.50抑制效果達50%以上，而且影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。
 - 九重葛莖部萃取液以2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草及律柏草根的生長只有些微抑制作用，影響程度隨濃度提高但不特別明顯。
 - 當九重葛葉部和根部萃取液濃度達5%以上時，對百慕達草及律柏草根的生長抑制效果都更加明顯。
 - 從圖七、圖八的曲線可明顯看出九重葛葉部萃取液對百慕達草及律柏草根的生長抑制效果最明顯。（詳細數值可參考附件七、八的說明）
- (三) 根據圖五、圖六、圖七、圖八的結果得知九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草及律柏草幼苗莖和根生長的影響：
- 九重葛葉部萃取液最具抑制效果，對百慕達草及律柏草莖和根的生長抑制效果都最明顯，只需2.5%（低濃度）以上萃取液就能有明顯效果。
 - 九重葛莖部萃取液抑制效果與葉和根萃取液相比比較不特別明顯，但對百慕達草及律柏草莖和根的生長仍然有抑制效果。
 - 九重葛根部萃取液在2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草莖和根的生長抑制效果比律柏草莖和根的生長抑制效果稍差；但是在5%、10%濃度萃取液實驗時兩者效果差不多，影響程度隨濃度提高而加深抑制效果，當10%濃度萃取液時都有很明顯效果。

四、由實驗一找出抑制效果最為顯著的植物（九重葛）植栽區土壤對百慕達草及律柏草種子萌發和生長的影響



- (一) 根據圖九的結果得知，九重葛植栽區土壤對百慕達草及律柏草種子萌發都具有抑制作用，而且抑制效果可近50%左右（相較於一般市售的培養土）。
- (二) 由結果得知，律柏草種子被抑制的效果稍微大於百慕達草種子。
- (三) 抑制效果的數值如附表九的說明。

- (一) 根據圖十的結果顯示，九重葛植栽區土壤對百慕達草及律柏草的幼苗生長都具有明顯的抑制作用，而且抑制效果可近50%左右（相較於一般市售的培養土）。
- (二) 根據圖九、圖十的實驗結果推論植栽九重葛的土壤中可能具有抑制物質存在，以抑制其他植物的種子萌發和幼苗生長。
- (三) 抑制效果的數值如附表十的說明

05 討論

一、所選用生物材料的探討：

- (一) 經觀察後選用本校校園內10種植物（樟樹、榕樹、黑板樹、水黃皮、鳳凰木、小葉欖仁、非洲鳳仙花、茄苳、台灣欖樹、九重葛）作為相剋作用抑制種子萌發和幼苗生長萃取來源的原因：
- 這10種植物經初步觀察是校園內較明顯符合有抑制現象（周圍雜草稀少，甚至少有其他植物），而且是校園中常見植物，容易取得。
 - 經初步篩選符合有抑制現象的植物後，再經過粗萃取液對種子萌發及幼苗生長的影響程度，找出校園中抑制效果最為顯著的植物（九重葛）。
 - 由篩選出的10種植物中經實驗一找出校園中抑制效果最為顯著的植物（九重葛）後，繼續實驗二、三、四的研究以探討不同部位、不同濃度粗萃取液的抑制效果。
- (二) 經實驗一實驗後，找出校園中抑制效果最為顯著的植物（九重葛）繼續作為相剋作用研究對象的原因：
- 因為九重葛為台灣鄉土常見植物，舉凡道路邊、住家旁、公園內都可見其蹤跡。也是校園常見植物，且容易取得。
 - 因為是校園中抑制效果最為顯著的植物（實驗一）因此希望透過該植物根、莖、葉和不同濃度粗萃取液對百慕達草及律柏草種子萌發及生長的影響實驗，找出那個部分抑制效果最為顯著，那個濃度可以達到顯著效果。
- (三) 選用百慕達草及律柏草作為相剋作用中受到毒物質毒害對象的原因：
- 萌發率不錯，較以往的相關實驗（用玉米或小白菜）更接近野草的情形，易於觀察。
 - 易於取得且價格低廉（由學校工友伯伯美綠化環境的草種子提供）。
 - 容易受到環境因素的影響，易產生較顯著的變化，容易觀察其變化。

二、實驗九重葛根莖葉的粗萃取液對種子萌發幼苗生長的影響程度的探討

- (一) 探討經實驗二，九重葛根莖葉的粗萃取液對種子萌發的影響程度不一。
- 由實驗二的結果知道，九重葛的根莖葉萃取液處理種子萌發的實驗中，發現均有抑制百慕達草、律柏草種子發芽的效果，尤其以葉、根部萃取液對這兩種種子萌發的抑制最為明顯，其中葉部萃取液對百慕達草種子萌發的抑制效果達最敏感，抑制效果達50%以上。
 - 各種濃度的九重葛葉、根部萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，而且其種子萌發率與萃取液濃度成反比，有濃度越高抑制效果越佳的趨勢，具有濃度效應，以10%萃取液（高濃度）抑制種子發芽的現象最明顯。
 - 各種濃度的九重葛莖萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，但不若葉和根部萃取液的明顯，也有濃度越高抑制效果越佳的趨勢。
- (二) 探討經實驗三後，九重葛根莖葉的粗萃取液對幼苗生長的影響程度。
- 九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草及律柏草種子幼苗莖生長的影響
 - (1) 九重葛根部2.5%（低濃度）萃取液在前8天對律柏草莖的生長有些微抑制效果，而對於百慕達草則有較為明顯的抑制，影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度 效應。

- (2) 百慕達草及律柏草的幼苗對於九重葛葉部萃取液最具敏感性，2.5%（低濃度）萃取液已經有明顯抑制這些作物的莖生長情形，尤其作用在百慕達草及律柏草幼苗的莖生長率0.57、0.58有明顯的抑制，影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。
- (3) 九重葛莖部萃取液以2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草及律柏草莖的生長只有些微抑制作用，影響程度隨濃度提高但不特別明顯。
- (4) 當九重葛葉部和根部萃取液濃度達5%以上時，對百慕達草及律柏草莖的生長抑制效果都更加明顯。
- (5) 從結果可明顯看出九重葛葉部萃取液對百慕達草及律柏草莖的生長抑制效果最明顯
2. 探討九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草及律柏草種子幼苗根生長的影響
- (1) 九重葛根部2.5%（低濃度）萃取液在前8天對百慕達草和律柏草根的生長有抑制效果但不特別明顯，影響程度隨濃度提高而加深，當10%（高濃度）萃取液時都有特別明顯的抑制作用，具有濃度效應。
- (2) 百慕達草及律柏草的幼苗對於九重葛葉部萃取液最具敏感性，2.5%（低濃度）萃取液已經有明顯抑制這些作物的根生長情形，尤其作用在百慕達草幼苗的根生長，其生長率只有0.50抑制效果達50%以上，而且影響程度隨濃度提高而加深，具有濃度效應。
- (3) 九重葛莖部萃取液以2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草及律柏草根的生長只有些微抑制作用，影響程度隨濃度提高但不特別明顯，甚至較高濃度實驗下，也不若葉、根萃取液明顯。
- (4) 當九重葛葉部和根部萃取液濃度達5%以上時，對百慕達草及律柏草根的生長抑制效果都更加明顯。
- (5) 從結果可明顯看出九重葛葉部萃取液對百慕達草及律柏草根的生長抑制效果最明顯
- (三) 探討經實驗四後九重葛植區土壤對百慕達草及律柏草種子萌發和生長的影響
1. 由實驗四的結果顯示，九重葛植區土壤對百慕達草及律柏草的幼苗生長都具有明顯的抑制作用，而且相較於一般市售的培養土抑制效果可近50%左右。
2. 由實驗結果推論植栽九重葛的土壤中可能具有抑制物質存在，以抑制其他植物的種子萌發和幼苗生長。

三、相剋化合物釋放機制的推論

植物相剋作用的途徑可歸納為(1)揮發作用(2)淋溶作用(3)植物殘留分解作用(4)根泌作用四種。由此實驗結果的抑制效果推測九重葛可經由淋溶作用及根泌作用兩種方式進行植物的相剋，原因如下：

- (一) 九重葛葉萃取液抑制作用最明顯，推論相剋化合物由葉子合成，經雨水由葉片淋洗出，落到土壤中，抑制周圍植物生長。
- (二) 九重葛根萃取液的抑制作用，僅次於葉萃取液，因此推論相剋化合物運送到根後，由根根泌作用釋出於土壤中，影響附近植物生長。
- (三) 九重葛各部位的萃取液的抑制效果，在稀釋的濃度中大致也呈現葉萃取液優於其他部位的趨勢，表示九重葛多以淋溶作用此途徑達到毒他的目的。

四、標準差的運用

- (一) 經過老師的說明後，我們知道標準差是一組數值自平均值分散開來的程度的一種測量觀念。一個較大的標準差，代表大部分的數值和他們平均值之間的差距較大；一個較小的標準差，代表這些數值比較接近平均值。以實驗的內容來看，一個較小的標準差可能代表著實驗的誤差比較小，實驗的變因控制比較理想。
- (二) 老師舉了兩組數的集合【0，5，9，14】和【5，6，8，9】，平均數都是7，但是第二個集合有比較小的標準差，如果以我們這個實驗的種子萌發數量內容來看，代表第二組數是比較穩定具有可參考性。

五、應用價值

- (一) 九重葛容易栽植培養，適合用在校園的美化綠化，而且九重葛的相剋作用造成其他植物很難生存，可以省去除草的人力或費用，這樣的優勢使得九重葛是住家環境和校園美化綠化一個良好的植栽選擇。
- (二) 利用植物相剋作用的特質，若能進一步將九重葛合成的化合物分離與純化出來，具有製作天然殺草劑的可能性，以減少環境的污染。

六、省思與展望

- (一) 展望未來可進一步利用多酚類(polyphenols)染色法，觀察根、莖及葉的橫切面，以分析植物的相剋物質儲存於何處組織或如何運送。
- (二) 本實驗結果顯示九重葛樹確實有相剋作用，未來可將萃取液用於野外雜草，實地進行野外測試，以期瞭解當作天然除草劑的效果。
- (三) 植物相剋作用是否受到溫度、土壤酸鹼度或不同土質影響，可於後續研究進一步探討。
- (四) 可進一步研究植物相剋物質為何不會造成自毒的現象。

06 結 論

- (一) 經觀察後選出的本校校園內10種植物（樟樹、榕樹、黑板樹、水黃皮、鳳凰木、小葉欖仁、非洲鳳仙花、茄苳、台灣欒樹、九重葛），採其相同濃度萃取液作為相剋作用抑制種子萌發和幼苗生長的實驗後，發現校園中的植物大都存有相剋的抑制現象，有些植物有相當明顯的抑制現象（如九重葛、榕樹、非洲鳳仙花、鳳凰木）抑制率可達50%以上，有些則有抑制現象但不是特別明顯（如茄苳、水黃皮）。而本校校園以九重葛萃取液抑制效果最為顯著。
- (二) 再進一步找出本校抑制效果最為顯著的校園植物（九重葛），取該植物根、莖、葉不同濃度粗萃取液對百慕達草及律柏草種子發芽和生長的影響進行實驗，發現九重葛葉、根萃取液都有非常明顯的抑制現象，隨著濃度的提昇抑制現象越明顯，並有如下現象：
1. 九重葛葉、根部萃取液對這兩種種子萌發的抑制最為明顯，其中葉部萃取液對百慕達草種子萌發的抑制效果達最敏感，抑制效果達50%以上。
2. 九重葛葉、根部萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，而且其種子萌發率與萃取液濃度成反比，有濃度越高抑制效果越佳的趨勢，具有濃度效應，以10%萃取液（高濃度）抑制種子發芽的現象最明顯。
3. 各種濃度的九重葛莖萃取液相較於水處理的組別，對百慕達草、律柏草種子萌發均有抑制作用，但不若葉和根部萃取液的明顯，也有濃度越高抑制效果越佳的趨勢。
4. 九重葛葉部萃取液最具抑制效果，對百慕達草及律柏草莖和根的生長抑制效果都最明顯，只需2.5%（低濃度）以上萃取液就能有明顯效果。
5. 九重葛莖部萃取液抑制效果與葉和根萃取液相比比較不特別明顯，但對百慕達草及律柏草莖和根的生長仍然有抑制效果。
6. 九重葛根部萃取液在2.5%（低濃度）實驗時，對百慕達草莖和根的生長抑制效果比律柏草莖和根的生長抑制效果稍差；但是在5%、10%濃度萃取液實驗時兩者效果差不多，影響程度隨濃度提高而加深抑制效果，當10%濃度萃取液時都有很明顯效果。
7. 九重葛植栽區土壤對百慕達草及律柏草的幼苗生長都具有明顯的抑制作用，而且抑制效果相較於一般市售的培養土可近50%左右。推論植栽九重葛的土壤中可能具有抑制物質存在，以抑制其他植物的種子萌發和幼苗生長。推論九重葛是藉由淋溶及根泌作用達成相剋作用，以影響周圍植物生長，避免其他植物競爭共同資源。
- (三) 本實驗結果顯示九重葛樹確實有相剋作用，可以影響周圍植物生長，避免其他植物競爭共同資源，可以省去除草的人力或費用，這樣的優勢使得九重葛是住家環境和校園美化綠化一個良好的植栽選擇。

07 附 錄

一、各種實驗數據：

附表一 校園植物粗萃取液對百慕達草種子萌發之比較

萃 取 液 萌 發	水	九重葛	榕樹	黑板樹	非洲鳳仙花	小葉欖仁	水黃皮	鳳凰木	樟樹	茄苳	台灣欒樹
萌發數(平均值)	30.2	9.4	12.6	15.4	14.8	20.2	16.2	18.4	17.2	20.8	16.6
萌發率(%)	75.5	23.5	31.5	38.5	37	50.5	40.5	46	43	52	41.5
標準差	0.75	0.52	0.49	0.49	0.4	0.75	0.75	0.49	0.67	0.75	0.49

附表三 九重葛不同部位不同濃度萃取液對百慕達草種子萌發之比較

萃 取 液 重 量 百 分 濃 度		水	2.5%	5%	10%
九重葛根	萌發數(平均值)	30.6	22.8	18.6	10.2
	萌發率(%)	76.5	57	46.5	25.5
九重葛莖	萌發數(平均值)	30.6	23.4	19.8	18.8
	萌發率(%)	76.5	58.5	49.5	47
九重葛葉	萌發數(平均值)	30.6	19.8	14.6	8.2
	萌發率(%)	76.5	49.5	36.5	20.5

附表五 不同濃度萃取液對百慕達草莖生長的影響

萃 取 液 重 量 百 分 濃 度 (%)			水	2.5%	5%	10%
九重葛根	幼苗莖	長度 (cm)	1.4	1.1	0.9	0.5
		生長率	1	0.79	0.64	0.36
九重葛莖	幼苗莖	長度 (cm)	1.4	1.2	1.1	1.0
		生長率	1	0.86	0.79	0.71
九重葛葉	幼苗莖	長度 (cm)	1.4	0.8	0.5	0.2
		生長率	1	0.57	0.36	0.14

附表七 不同濃度萃取液對百慕達草根生長的影響

萃 取 液		重 量 百 分 濃 度 (%)	水	2.5%	5%	10%
九重葛根	幼苗根	長度 (cm)	1.8	1.3	0.9	0.5
		生長率	1	0.72	0.50	0.28
九重葛莖	幼苗根	長度 (cm)	1.8	1.4	1.3	1.1
		生長率	1	0.77	0.72	0.61
九重葛葉	幼苗根	長度 (cm)	1.8	0.9	0.6	0.3
		生長率	1	0.50	0.33	0.17

附表九 九重葛植栽土壤對植物種子萌發的影響

待 測 植 株	土 壤 種 類	栽植九重葛土壤	市售培養土
	萌發數(平均值)	17.4	31.6
百慕達草	萌發率(%)	43.5	79.0
	標準差	0.49	0.80
	萌發數(平均值)	20.6	37.8
律柏草	萌發率(%)	51.5	94.5
	標準差	0.49	0.75

附表二 校園植物粗萃取液對律柏草種子萌發之比較

萃 取 液 萌 發	水	九重葛	榕樹	黑板樹	非洲鳳仙花	小葉欖仁	水黃皮	鳳凰木	樟樹	茄苳	台灣欒樹
萌發數(平均值)	37.4	10.8	14.6	21.2	18.8	19.4	25.4	18.6	23.4	28.6	27.4
萌發率(%)	93.5	27	36.5	53	47	48.5	63.5	46.5	58.5	71.5	68.5
標準差	1.02	0.75	0.49	0.75	0.75	0.49	1.02	0.49	0.49	0.8	0.49

附表四 九重葛不同部位不同濃度萃取液對律柏草種子萌發之比較

萃 取 液 重 量 百 分 濃 度		水	2.5%	5%	10%
九重葛根	萌發數(平均值)	37.4	29.4	25.8	18.6
	萌發率(%)	93.5	73.5	64.5	46.5
九重葛莖	萌發數(平均值)	37.4	32.2	30.8	28.2
	萌發率(%)	93.5	80.5	77	70.5
九重葛葉	萌發數(平均值)	37.4	28.2	23.4	15.8
	萌發率(%)	93.5	70.5	58.5	39.5

附表六 不同濃度萃取液對律柏草莖生長的影響

萃 取 液		重 量 百 分 濃 度 (%)	水	2.5%	5%	10%
九重葛根	幼苗莖	長度 (cm)	3.6	2.4	1.7	1.1
		生長率	1	0.67	0.47	0.31
九重葛莖	幼苗莖	長度 (cm)	3.6	2.9	2.7	2.6
		生長率	1	0.81	0.75	0.72
九重葛葉	幼苗莖	長度 (cm)	3.6	2.1	1.4	0.8
		生長率	1	0.58	0.39	0.22

附表八 不同濃度萃取液對律柏草根生長的影響

萃 取 液		重 量 百 分 濃 度 (%)				
		水	2.5%	5%	10%	
九重葛根	幼苗根	長度 (cm)	4.4	3.1	2.3	1.4
		生長率	1	0.70	0.52	0.31
九重葛莖	幼苗根	長度 (cm)	4.4	3.4	3.2	2.9
		生長率	1	0.77	0.73	0.66
九重葛葉	幼苗根	長度 (cm)	4.4	2.6	1.7	1.1
		生長率	1	0.59	0.39	0.25

附表十 九重葛植栽土壤對植物幼苗莖生長的影響

待 測 植 株	土 壤 種 類	栽植九重葛土壤	市售培養土
	幼苗莖平均長度 (cm)	0.9	1.9
百慕達草	生長率	0.47	1
律柏草	幼苗莖平均長度 (cm)	2.1	4.1
	生長率	0.51	1

二、實驗記錄：

