

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

## 模擬水道中混植模式之挺水植物的抗流適應研究

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 101-2410-H-216-005-  
執行期間：101年08月01日至102年07月31日  
執行單位：中華大學景觀建築學系

計畫主持人：陳湘媛

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 102年10月08日

中文摘要：本研究係以挺水植物中之水蓼族群為對象，將寬葉高莖的大安水蓼與細葉高莖的柳葉水蓼混植後進行其對流速的反應研究，俾以瞭解以下問題：混植形式的栽植是否在物種生存競爭的狀況下讓水蓼族群得以有更大的抗流適應範圍？混植後的水生植物如何調整其抗流適應？以及其在人工水道中形成的根網對土壤的保護或攔截作用與先前研究之單一物種相比為何等。研究發現，混植的柳葉水蓼與大安水蓼的生長速度確實受到流速之抑制，當流速持續增加後，二者之生長速度變緩，平均直徑變小，其原本挺立生長的硬質莖逐漸轉變成水平莖，呈水平形態的莖葉除可增加抗流彈性外，也讓水蓼族群有更大的機會接觸水面而得以在節間發根生長，增加其生存的機會。預期本研究成果除可確認適性植生種類或先驅植物種外，亦可瞭解水生植物在生態工程上可扮演的角色與極限，未來可做為河道植生工程與環境復育之設計依據。

中文關鍵詞：挺水植物、抗流適應、生態工程、環境復育、流速

英文摘要：Abstract

This study, using two species of sedges *Hygrophila salicifolia* (Vahl) Nee. (slender leaves) and *Hygrophila pogonocalyx* Hayata (wide leaves) as planting materials, will further verify the response of emergent plants under mixed combinations. The purposes of this study are as followings, (1) to clarify the adaptation range of flow resistance in mixed planting patterns and under inter-specific survival competition, (2) to investigate the mechanism how emergent plants adjust their flow resistance adaptation when planted in mixed patterns, and (3) to analyze the differences in soil protection and trapped function of the dense root nets between mixed and single planting patterns. Experimental data showed that the growth rate of mixed planting patterns was controlled by flow rate. The growth rate of two sedges became slower and the average diameter became smaller as flow rate increased continually. The number of parallel stems increased for reducing the mechanical damage which was also induced by higher flow velocities. The parallel stem pattern increased the flow resistance ability of water plants as well as the survival rate with higher chances to

touch water for inducing the growth of adventitious buds. That also can increase the survival chances of the sedges. This research is anticipated to clarify not only the suitable planting materials or precursors, but also the roles and limitations of emergent plants in ecological engineering applications and design work of environmental restoration.

英文關鍵詞： Emergent plants, Flow resistance adaptation, Ecological engineering, Environmental restoration, Flow velocity.

# 模擬水道中混植之硬莖挺水植物的抗流適應研究

## Flow resistance and adaptation of stiff stem emergent plants with mixed planting patterns in a simulated water channel.

陳湘媛  
Shiang-Yuarn Chen

中華大學景觀建築學系副教授

### 摘要

本研究係以挺水植物中之水蓼族群為對象，將寬葉高莖的大安水蓼與細葉高莖的柳葉水蓼混植後進行其對流速的反應研究，俾以瞭解以下問題：混植形式的栽植是否在物種生存競爭的狀況下讓水蓼族群得以有更大的抗流適應範圍？混植後的水生植物如何調整其抗流適應？以及其在人工水道中形成的根網對土壤的保護或攔截作用與先前研究之單一物種相比為何等。研究發現，混植的柳葉水蓼與大安水蓼的生長速度確實受到流速之抑制，當流速持續增加後，二者之生長速度變緩，平均直徑變小，其原本挺立生長的硬質莖逐漸轉變成水平莖，呈水平形態的莖葉除可增加抗流彈性外，也讓水蓼族群有更大的機會接觸水面而得以在節間發根生長，增加其生存的機會。預期本研究成果除可確認適性植生種類或先驅植物種外，亦可瞭解水生植物在生態工程上可扮演的角色與極限，未來可做為河道植生工程與環境復育之設計依據。

關鍵詞：挺水植物、抗流適應、生態工程、環境復育、流速

### Abstract

This study, using two species of sedges *Hygrophila salicifolia* (Vahl) Nee. (slender leaves) and *Hygrophila pogonocalyx* Hayata (wide leaves) as planting materials, will further verify the response of emergent plants under mixed combinations. The purposes of this study are as followings, (1) to clarify the adaptation range of flow resistance in mixed planting patterns and under inter-specific survival competition, (2) to investigate the mechanism how emergent plants adjust their flow resistance adaptation when planted in mixed patterns, and (3) to analyze the differences in soil protection and trapped function of the dense root nets between mixed and single planting patterns. Experimental data showed that the growth rate of mixed planting patterns was controlled by flow rate. The growth rate of two sedges became slower and the average diameter became smaller as flow rate increased continually. The number of parallel stems increased for reducing the mechanical damage which was also induced by higher flow velocities. The parallel stem pattern increased the flow resistance ability of water plants as well as the survival rate with higher chances to touch water for inducing the growth of adventitious buds. That also can increase the survival chances of the sedges. This research is anticipated to clarify not only the suitable planting materials or precursors, but also the roles and limitations of emergent plants in ecological engineering applications and design work of environmental restoration.

Keywords : Emergent plants, Flow resistance adaptation, Ecological engineering, Environmental restoration, Flow velocity.

### 一、研究動機與目的

面對氣候變遷帶來的各式天災，近年來生態工法與相關設計理念已成為全民共識，在河川環境營造方面，公部門更積極舉辦施作案例供各界觀摩，學界亦有諸多研究，重點多放在河川護岸之型式、材質、工法，並以植栽之存活比率、綠覆速度做為適生植物種類之指標。然而在諸多生態工程研究中，植物材料雖然非常重要卻也是實證研究最不足的部分，原因在於以實際河川實驗的操作困難度高，因此對於曠日廢時的植物監測或適生物種之實證研究較為少見，常見學

者以塑膠葉片為實驗材料驗證水生植物對水流之影響，卻少有關於植物抗流能力（flow resistance）的相關研究。基於此，本研究擬從水工模型出發，探討混植模式的硬莖挺水植物在面對不同流速環境時的抗流適應。

研究以兩種木質莖的水蓼族群為對象，研究不同植生形態（例如寬葉與細葉、高莖與低莖）水生植物混植配置之抗流適應，以瞭解面對流速變化時水生植物抗流反應的種間差異，而從混植形態中也將分析比較其生長速度與對土壤的保護效應，以尋求最佳的

混植配置模式。

前階段的研究已證實在以水芹菜與柳葉水蓴衣、大安水蓴衣為材料的個別實驗中，因應不同流速，在植物生理上均會產生不同的反應機制，以水芹菜為例，在面對較高流速沖刷時，水芹菜之生長速度、莖芽組織、根長、地上莖葉與地下根系的生物量等均產生不同的變化。當改變水芹菜的配置方式時，在總株數不改變的條件下，簇群栽植模式的水芹菜較單株栽植者有較強的抗流能力，而無論以單株栽植或簇群栽培方式，水芹菜在面臨較高流速時，均是以減少莖芽之斷面積但是增加單位面積維管束密度的方式作為生理機制的調整。

在水蓴衣的實驗中，其生長速度也會受到流速之抑制，當流速持續增加後，柳葉水蓴衣與大安水蓴衣之生長速度變緩，莖的平均直徑變小，其原本挺立生長的硬質莖會逐漸轉變成水平莖，呈水平形態的莖葉除可增加抗流彈性外，也讓水蓴衣族群有更大的機會接觸水面而得以在節間發根生長，增加其生存的機會，當以株高與根長相比時，兩種水蓴衣的株高與根長比值在流速持續增加的實驗組均要低於流速固定的控制組，與水芹菜的實驗結果剛好相反，後者在三次實驗中呈現實驗組之株高與根長比值大於控制組的結果，所以水芹菜是以降低根長的方式讓植株有機會在錨定降低的情形下，較容易離開高流速的不良環境而尋得更適合繁殖的棲地，然而柳葉水蓴衣與大安水蓴衣卻是以加強錨定並讓植株成水平莖的生長形式來因應高流速的環境。此外，實驗亦同時發現水生的水蓴衣所呈現的繁殖方式與陸生者有所不同，實驗期間在水槽種植的水蓴衣係以不定芽的營養生長方式繁衍、擴大族群，至於陸生的水蓴衣則常見以開花方式做生殖生長方式繁衍。

然而，以上實驗均是以單一物種進行研究，僅能瞭解抗流反應的種間差異，卻未必能說明真實濱水環境更為複雜的植物組成狀況所產生的抗流反應，因此仍有以下疑問待解：混植形式的栽植是否在物種生存競爭的狀況下會有更大的抗流適應範圍？當以寬葉的大安水蓴衣與細葉的柳葉水蓴衣混植，或彈性莖葉的水芹菜與硬莖的柳葉水蓴衣混植，甚或高莖的大安水蓴衣、柳葉水蓴衣與匍匐矮莖的小獅子草混植時，水生植物將如何調整其抗流適應？其在人工水道中形成的根網對土壤的保護或攔截作用與單一物種相比為何？何種混植模式對土壤可以有更積極的保護作用？均為研究擬陸續釐清的問題。

## 二、文獻回顧

### 2.1 植生抗流研究

影響抗流之作用包括：植栽大小、植物莖葉之結構特性、在河道中的區位、當地的流動條件。研究發現在河道抗流與河道植生覆蓋比例間存在非線性的關係。雖然學者早在 1869 年即提出抗流平均值包括岩屑碎石與水中植物，認為水生植物主宰了其盤據的水道之水力 (hydraulic) 是不爭的事實，但對植被於河道的抗流作用之相關研究卻很少見。因此，非常缺乏對

於植生河川流速之模式研究，特別是植生自由分佈的河道 (Green, 2004)。許多的實證研究是在模擬流場中以塑膠葉片或沉水性植物進行流速測試，少有操作於自然河道或者先行試種水生植物，再以不同流速之水流測試植物之生理反應機制者 (Green, 2004; Järvelä, 2004)。

雖然對於植被影響河岸之研究已陸續有文獻發表，例如：Simon and Collison 提出河岸植被對河岸的穩定性有水力與水文兩種影響，有的改善河岸穩定性，有的卻相反 (Simon and Collison, 2002)，Greenway 提出植物將其根部錨定土壤中以支撐植物的地上部分，因此對土壤基質產生強化作用 (Greenway, 1987)；一些研究也發現，植被的根系型態也對河道之沖蝕作用有影響 (Anderson *et al.*, 2004)。但是植物是如何影響河道抗力？其機制為何？卻仍有很大的研究空間。真正形成植被抗力的又是什麼？Lewis 提出河道抗力係由兩種因素組成：經由摩擦力產生的能量損失與河道內流速的變化作用 (Lewis, 1997)，後者在植被河道中特別明顯，此由流速在密植植被中很小而在植被周圍則加速可見。植物莖的尺寸形成的抗力會導致植株內的低速與植株外的高速這種大幅度的流速變化，不同莖葉尺寸將形成不同的流速。就葉片的尺度而言，抗力依莖葉之結構與水力特性而異，例如其分枝的程度、個體的厚度、每株植物的芽的密度 (Manz and Westhoff, 1988)，個別枝芽的彈性是很重要的，因為其決定枝芽彎曲，以及植株受水流壓縮的程度 (Sand-Jensen, 2003)。枝芽愈長彈性愈大，但枝芽愈厚彈性愈差 (Manz and Westhoff, 1988)。

由於水力會破壞或移動生物體，使得流動水流中之生物棲息受到水力的限制 (Schutten, 2000)，對於植物在形態上的因應，根據研究，淡水水生植物在流動水流中遭遇潛在的拖曳力時，必須在形態上加以適應以避免水力性的傷害與連根拔起，部分物種自短莖上長出小而硬的簇葉狀 (rosette)，以便抵抗強的拖曳力與加強裸露湖岸的力量。其他物種則遺傳了流線型的長線狀葉與莖，大部分的物種反應並無關乎生長的形式，而是會形成很具彈性的枝芽以讓其順著水流並降低直接暴露於水流的表面積 (Sand-Jensen, 2003)。

從國外相關研究中可以得知，對於植物在抗流上的研究已開始受到重視，但因為侷限於開放河道複雜的不可確定因素，研究仍多以實驗室操作為主，而且不乏以塑膠葉片為實驗材料者，實驗的方式則多以模擬河道中植被如何影響流速為重點，對於從植物生理例如植物解剖學的角度探討植物因應流速變化的生理反應機制，如莖葉分枝、維管束、型態之變化等之研究尚很罕見，也未見以混植方式探討植物抗流反應的研究，因此可預見此領域的研究價值。

### 2.2 植生對邊坡穩定性的相關研究

歷來的研究已證明植被的存在確實影響河流的流速，利用植物做為河岸緩衝帶的相關研究包括 Dabney 等人提出的論點，認為緩衝帶可降低沖蝕、攔截沉澱物，以及經由緩慢逕流移除污染物質，即使緩衝帶小

於 1m 寬也能攔截許多沉澱物 (Dabney, 2006)。

關於植生對邊坡生態穩定性的研究，國內拱祥生、林宏達曾利用植生材料的特性，結合不飽和土壤理論，進行邊坡生態工法穩定機制的探討，以釐清植生對邊坡穩定性的影響。其提出植生根系的強度及錨定至岩層中的厚度，為邊坡植生工程的重點，而草本植物的高地表覆蓋率是防止邊坡沖蝕的重要因素；木本植物的高根系強度及土壤含根比則是抑制邊坡淺層崩塌的有效方法 (拱祥生、林宏達, 2003)。林信輝等 (2005) 針對九芎植生木樁之生長特性與根力進行研究，探討不同生長地點與處理方式之萌芽樁成活率；吳瑞賢的研究團隊則利用根系力學模式，計算百喜草的植根對土壤強度之增量，並建立分析模型 (陳秀婷等, 2006)；另外尚有吳正雄 (1990) 針對植生根力與坡面穩定關係之研究、游新旺等 (2006) 提出「根力模式對含根土壤剪力強度評估之影響」，以及朱榮華等 (2005) 對於「根系變形模式與含根土壤剪力強度之研究」等，均是針對植物根系對土壤強度影響之研究，至於植物如何因應流速變化而產生抗流適應的相關研究則闕如，相關研究亦均以單一物種為對象，並未討論混植狀態下植物是否會因物種生存競爭而有較佳或較差的邊坡穩定效果。

### 2.3 生態渠道相關研究

在生態渠道研究方面，國內相關研究包括楊紹洋等 (2006) 針對植生護岸和粗糙渠床之渠槽試驗，以人造草皮模擬護岸植生，分析渠道在不同植物種類和高度時的水理特性；林鎮洋等 (2006) 以實驗水槽養殖指標魚種，嘗試建立本土性的水理參數 (如雷諾數與福祿數等)，據以模擬變遷的水域生態環境，以預測溪流完工後的生態環境變化趨勢。呂珍謀等 (2008) 針對河道植生群型態對水流之影響的研究，嘗試建立一水流通過植生群之水深平均二維水理模式，並探討植生群型態對水理特性之影響。但在其研究中植物本身的抗流機制未被考量，而研究以竹子模擬植株，亦無法代表一般植物之生理與型態特性。

## 三、實驗設備與研究方法

### 3.1 實驗土壤來源及環境概況

本實驗所使用之栽培土壤，係來自於苗栗縣南庄鄉蓬萊溪中上游段，本區段河川因在封溪護漁區段內 (資料來源：台灣河川復育網站, 2009)，人為擾動程度較低，因此選為實驗土壤，可模擬實際河川生長環境。在採土區可見次生林先驅植物如曼陀羅 (*Datura metel* L.)、五節芒 (*Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb. ex Schum, 俗稱 Japanese silvergrass)，以及入侵優勢草種大花咸豐草 (*Bidens pilosa*) 等，還可見到昆蟲類之蟲蛹躲藏石礫堆下方。

### 3.2 植物選種

#### 3.2.1 植物材料選種依據

為配合水槽尺寸，植物材料之尺寸需控制在 40 cm 以內，生長勢強、易於繁殖、一年或多年生草本、

分佈範圍廣；屬本土或馴化種，對本土生態環境無威脅性，根系以鬚根性為佳，以便比較生長速度並測試固土定砂能力。

### 3.2.2 植栽選定

#### 3.2.2.1 大安水蓼衣

爵床科 (Acanthaceae) 水蓼衣屬，學名 *Hygrophila pogonocalyx* Hayata，又稱「毛萼水蓼衣」，為台灣特有種。多年生水生挺水植物，適生環境為溪流、水塘、田間溝渠與濕地，過去為臺灣常見之水生植物，由於棲息地受到人為的大肆破壞，目前本種已瀕臨滅絕，野生族群僅於台灣的台中大安、清水以及龍井可見，而在苗栗與彰化已不見蹤跡，近年來本植物已被特有生物保育中心列為重點復育對象。

在植物生理特性方面，大安水蓼衣為水蓼衣屬中形態最高大的一種，多年生大型挺水草本植物，高 80~150 cm，多分枝，全株節間滿佈粗毛；莖木質化，四角形，有稜溝。葉對生，紙質，葉尖鈍形，葉基漸銳形，葉緣近全緣，長 6~12 cm，寬 2~4 cm，柄短。  
(<http://www.ryes.chc.edu.tw/water/data2/data53.htm>；黃增泉等, 1998；黃朝慶、文紀鑾；1999)。很容易以扦插大量無性生殖。

#### 3.2.2.2 柳葉水蓼衣

爵床科 (Acanthaceae)，學名 *Hygrophila salicifolia* (Vahl) Nees，為全台灣溼地均可見的水生植物，在植物生理特性方面，為一年或多年生草本，高可達 80 cm，莖略為木質化，方形，有稜溝。葉對生，寬線形或倒披針形，長 3~8 cm，寬 0.7~1.5 cm，有柄，近全緣，雙面略覆軟毛。花腋生，淡紫色唇型；可以扦插法無性繁殖 (黃增泉等, 1978；台北植物園資訊網, 2013)。

### 3.3 實驗設備

#### 3.3.1 實驗水道模型設備

- 1、水槽：1cm 厚可調式壓克力水槽兩組，長 200cm，寬 30cm，高 40cm。
- 2、1HP, 0.75KW 變頻馬達 2 具。
- 3、變頻式馬達控速器：型號 N<sub>2</sub>-201-H，220V，適用 1 HP、0.75KW 馬達，三相式。
- 4、植栽槽木箱 8 個，長 45cm，寬 29cm，高 5cm，板厚 1cm，以樹脂與鐵釘膠著固定。
- 5、三尺長 40w 雙管植物燈兩盞。
- 6、定時器 Timer，(設定照光時間 6:30am~ 17:30pm)。
- 7、溫度計。
- 8、水槽平均坡度設定在 2.5 % 以下，模擬緩流型河岸之坡度。

#### 3.3.2 實驗操作

##### 3.3.2.1 栽培土壤粒徑分析

本實驗所採集的蓬萊溪土壤，86.2 % 可通過 4 號篩，80 % 的土壤粒徑大於 0.15 mm，粉粒成份 (粒徑 < 0.05 mm) 低於 5 %，依據美國農業部之土壤質地分

級，本實驗採集之土壤質地屬於砂土，而且是粗砂土性質的土壤，保水能力不足，正是典型的河川土壤特性。

### 3.3.2.2 植物栽種計畫

實驗以台灣原生種—均為硬質莖的寬葉大安水蓼衣與細葉的柳葉水蓼衣以 1:1 數量去葉扦插混植，進行不同流速的實驗，以比較混植方式與單一物種栽植之抗流適應差異。

實驗分控制組與實驗組，各有四個栽植木槽，每組植栽槽種植 3 株一簇共 24 株水蓼衣扦插芽，柳葉與大安各佔一半，採品字型混植。於栽種前測量每株水蓼衣扦插芽之鮮重，再測量個別扦插芽之株高、直徑與綠葉數。初期兩組實驗水槽設定固定轉速，流速約為 4.0~6.0  $\text{cm s}^{-1}$ ，主要讓水槽呈現潮濕狀態，3~4 周生長勢穩定後每四周調整實驗組變頻馬達轉速一次，控制組之轉速則保持固定，植栽槽覆土深度 5 cm。

### 3.3.2.3 實驗採收

本實驗之進行設定控制組與實驗組之平均成活率相差超過 10 % 以上時結束實驗。植物採集後均需進行組織切片分析，將所採集之植物莖部，利用埋蠟切片法或徒手切片法進行解剖分析。

- 1、採收後測量個別水蓼衣之高度及根長、最高綠芽之直徑、全株鮮重、莖葉與根分別鮮重、節間數量。
- 2、於攝氏 105 °C、24 小時烘乾後分別量測地上部總乾重與根部之總乾重。
- 3、測量實驗組與控制組之冲刷土壤量，亦是以攝氏 105 °C、24 小時烘乾後測其乾重。

## 四、結果與討論

本次研究的混植水蓼衣僅完成一次實驗，目前正進行第二次實驗。第一次實驗於 2012 年 10 月 11 日至 2013 年 2 月 28 日，共歷經 22 周，控制組流速均在 5.6  $\text{cm s}^{-1}$  以下，實驗組流速範圍為 5.9  $\text{cm s}^{-1}$  ~ 14.0  $\text{cm s}^{-1}$ ，實驗在實驗組與控制組之成活率相差超過 10 % 以上時結束並採收，由於實驗期間感染介殼蟲害與薊馬，陸續以無毒農藥「葉潔 Globrite (Potassium salts of fatty acids 49%)」稀釋 1/50 濃度噴灑控制，但控制組因流速緩慢，蟲害傳播速度極快，兩種水蓼衣一旦感染，其葉片不久即枯萎。

### 4.1 兩種水蓼衣於不同流速下之存活率比較

實驗之初每組水蓼衣之株數各有 48 株，採收後控制組的大安水蓼衣與柳葉水蓼衣各有 40 株存活，實驗組則是大安水蓼衣有 34 株存活，柳葉水蓼衣有 35 株存活，柳葉水蓼衣成活株數較大安水蓼衣多一株，並無顯著差異性 (表 1)，但混植後二者在實驗組中的存活率均低於控制組，顯示流速確實會影響水蓼衣的生長。

表 1 不同流速下水蓼衣之成活率比較

成活株數	控制組 Planter AB	實驗組 Planter CD
大安水蓼衣	40	34
成活率%	83.3	70.8
柳葉水蓼衣	40	35
成活率%	83.3	72.9

### 4.2 兩種水蓼衣於不同流速下之生長速度比較

在生長速度方面，主要以各周總綠葉數為比較對象。根據第一次實驗結果，雖然初植時兩種水蓼衣扦插芽的綠葉數相當，但無論是控制組或實驗組，大安水蓼衣的各周總綠葉數均高於柳葉水蓼衣，說明大安水蓼衣的生長速度要快過柳葉水蓼衣。此外，實驗組中的大安與柳葉水蓼衣總綠葉數均低於控制組，也再度說明流速會影響水蓼衣的生長速度 (圖 1)。這樣的結果與先前單植的大安水蓼衣與柳葉水蓼衣實驗結果亦相符。

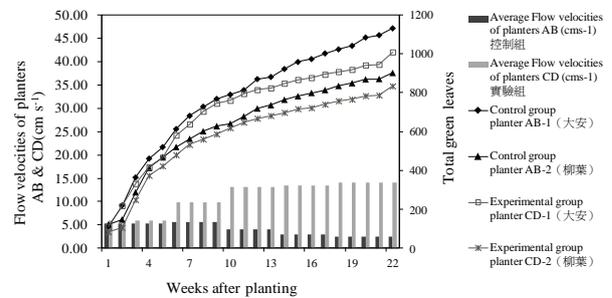


圖 1 不同流速下水蓼衣之生長速度比較

### 4.3 兩種水蓼衣於不同流速下之生物量比較

實驗前實驗組與控制組之大安水蓼衣與柳葉水蓼衣扦插芽的平均初植鮮重相差不超過 4%，實驗組略高於控制組。經過 22 周實驗採收後，雖然實驗組中大安水蓼衣平均鮮重略高於控制組，但以鮮重增加率比較時，可發現大安水蓼衣的平均鮮重在控制組中增加率為 67.50%，在實驗組中為 66.34%；柳葉水蓼衣的平均鮮重在控制組中增加率為 153.46%，在實驗組中為 142.68%，兩種水蓼衣在較高流速的實驗組中鮮重增加率均略低於低流速的控制組 (表 2)。

表 2 兩種水蓼衣於不同流速下之鮮重比較

平均鮮重比較 (g)	Planter AB			Planter CD		
	實驗前	實驗後	增加率%	實驗前	實驗後	增加率%
大安水蓼衣	3.64	6.10	67.50	3.79	6.30	66.34
柳葉水蓼衣	0.79	2.00	153.46	0.81	1.98	142.68

在平均乾重方面，混植模式的水蓼衣平均莖葉乾重在實驗組中較控制組為高，根部乾重則是實驗組低於控制組 (表 3)，與單植時的實驗結果並不符合。在單植的大安水蓼衣實驗中，歷時 28 周的實驗在控制組轉速不變，而實驗組轉速逐步調高的水流環境下，呈現採收後控制組的乾鮮重高於實驗組的情形；在單植的柳葉水蓼衣三組重覆實驗中，也是呈現控制組乾鮮

重高於實驗組，由於本次混植實驗過程中，兩種水蓼衣同時遭受薊馬與介殼蟲害，控制組葉片枯萎情形較實驗組嚴重，是否因此影響莖葉乾鮮重需要進一步實驗證實。

表 3 水蓼衣於不同流速下之平均乾重比較

平均乾重比較 (g)	控制組Planter AB	實驗組Planter CD
莖葉乾重	0.43	0.48
根乾重	0.10	0.09
根乾重/莖葉乾重 %	24.18	18.19

#### 4.4 兩種水蓼衣於不同流速下之型態變化

##### 4.4.1 兩種水蓼衣於不同流速下之直徑變化

混植實驗開始時控制組與實驗組採用的兩種水蓼衣材料平均直徑相差均在 2 % 以下，採收後發現控制組的大安水蓼衣直徑僅有實驗前的 49.2 %，柳葉水蓼衣則為實驗前的 80.5 %；實驗組的大安水蓼衣平均直徑為實驗前的 49.1 %，柳葉水蓼衣為實驗前的 77.5 % (表 4)。無論是控制組或實驗組，水蓼衣的直徑都較實驗前的陸生植株直徑要小，此一結果與單一物種時的大安水蓼衣或柳葉水蓼衣均相同，然而單種栽植時的水蓼衣在較高流速的實驗組中平均直徑均較緩流速的控制組為低，本次實驗結果混植的大安水蓼衣實驗組平均直徑卻與控制組幾乎相同 (表 4)，反應不如單種栽植時明顯。

表 4 水蓼衣於不同流速下之平均直徑變化

平均直徑 (mm)	Planter AB			Planter CD		
	實驗前	實驗後	實驗後/實驗前 %	實驗前	實驗後	實驗後/實驗前 %
大安水蓼衣	4.57	2.25	49.2	4.59	2.26	49.1
柳葉水蓼衣	2.69	2.17	80.5	2.72	2.11	77.5

##### 4.4.2 兩種水蓼衣於不同流速下之切片斷面積比較

在前期單植水蓼衣實驗中，無論是柳葉水蓼衣或大安水蓼衣，採收後實驗組的切片斷面積均低於控制組，顯示水蓼衣以降低莖部直徑的機制來因應高流速的水流環境 (陳湘媛、林鎮洋，2011)。在混植的水蓼衣實驗中，採收後的水蓼衣平均斷面積均小於實驗前的陸生植株，並且實驗組的平均斷面積要低於控制組 (表 5)，反應機制與單植模式相同，但是變化的程度卻小於單植的型態。在混植的大安水蓼衣中，大安水蓼衣平均斷面積在實驗組中為控制組的 87.06 %，柳葉水蓼衣的平均斷面積在實驗組則為控制組的 95.95 %，二者斷面積降低的比率均不及單植狀態者明顯。

表 5 混植水蓼衣於不同流速下之切片斷面積比較

水蓼衣混植實驗 平均斷面積 (mm <sup>2</sup> )	陸生大安水 蓼衣		陸生柳葉水 蓼衣	
	實驗前	實驗後	實驗前	實驗後
控制組	10.69	4.25	8.76	3.46
實驗組				3.70
實驗組與控制組 斷面積比值%				87.06
				95.95

##### 4.4.3 兩種水蓼衣於不同流速下之葉面積比較

在葉面積部分，主要截取採收後每株植株最大的三片葉片記錄其葉面積。實驗發現，混植後的柳葉水蓼衣在高流速下葉面積相對降低，但是大安水蓼衣卻是略為增加 (表 6)，與單種栽植之結果不同，由於加大葉片會增加對水流的抗流反應，也加大機械傷害的風險，大安水蓼衣的反應顯然需要更多的實驗數據或更長的實驗時間來解釋。

表 6 混植與單種栽植水蓼衣於不同流速下之葉面積比較

葉面積(cm <sup>2</sup> )	混植大安 水蓼衣	混植柳葉 水蓼衣	單種栽植大 安水蓼衣
控制組	8.30	2.14	5.92
實驗組	8.72	1.84	4.14
實驗組/控制組(%)	105.08	85.98	69.93

##### 4.4.4 兩種水蓼衣於不同流速下株高與根長之變化

在單植的大安水蓼衣實驗中，實驗組的平均株高與根長均低於控制組，當以株高與根長相比時，實驗組的比值低於控制組，顯示單植時的大安水蓼衣會以增加根長的形式加強錨定，以避免被高流速的水流沖走。在單植的柳葉水蓼衣三組實驗中，雖然實驗組的平均株高未必均高於控制組，但是在株高與根長的比值方面，也呈現一致性實驗組比值低於控制組的結果，說明柳葉水蓼衣與大安水蓼衣對水流的反應與水芹菜恰好相反，後者是以降低根長的方式來降低錨定，以便能脫離不良的生存環境，大安水蓼衣與柳葉水蓼衣卻是以增加根長的形式讓植株有較大的錨定作用 (陳湘媛、林鎮洋，2010；陳湘媛、林鎮洋，2011)。

而在混植模式的實驗中，柳葉水蓼衣在實驗組較高的流速環境下，其株高與根長均低於控制組，且株高與根長的比值為實驗組略低於控制組，與單植者反應機制大致相同，但地上部的平均株高在實驗組與控制組中都比地下部的平均根長為大，此亦與單植時的結果一致。高的地上莖部與短的地下根系，此一生長模式顯然較不利於柳葉水蓼衣的現地錨定與抗流。然而大安水蓼衣的反應卻不同，雖然在實驗組中平均株高較控制組高，平均根長卻低於控制組，其株高與根長之比值呈現實驗組比值大於控制組的情形 (表 7)，當進一步分析，可發現大安水蓼衣雖然株高根長比值不同於單植者之反應，卻呈現地下部的平均根長遠遠大於地上部株高的情形，說明混植的大安水蓼衣面對流速環境，會設法增加植株根系的長度，以便增加其

植株錨定的效果。

表 7 混植水蓴衣於不同流速下株高與根長之變化

水蓴衣種類	大安水蓴衣			柳葉水蓴衣		
	株高 (mm)	根長 (mm)	株高/根長	株高 (mm)	根長 (mm)	株高/根長
控制組	203.0	475.8	0.43	198.3	166.4	1.19
實驗組	212.1	392.6	0.54	183.0	160.8	1.14
實驗組/控制組	1.05	0.83		0.92	0.97	

#### 4.4.5 混植水蓴衣於不同流速下之水平莖變化

本次實驗選用之大安水蓴衣與柳葉水蓴衣屬於木質莖草本水生植物，在陸地上生長時多為直立型態，但在實驗水槽中會於實驗後期逐漸出現水平生長的趨勢，採收後統計發現無論是單植模式或混植模式，實驗組的平均水平莖數量均高於控制組（表 8），由於水平莖的出現除可增加抗流彈性外，也讓水蓴衣族群有更大的機會接觸水面而得以在節間發根生長，增加其生存的機會，有助於其進行無性繁殖擴大族群。當將各次實驗之水平莖數量加以比較時，可發現實驗周數越長，水平莖的數量越高，此外，流速的範圍越大，水平莖的平均數量也越高，說明流速改變了水蓴衣的生長形態。

表 8、單種栽植與混植水蓴衣於不同流速下之水平莖變化

平均水平莖	單種栽植柳葉水蓴衣			單種栽植大安水蓴衣	混植水蓴衣	
	實驗一	實驗二	實驗三		大安	柳葉
Control group	0.91	0.68	1.15	0.01	0.05	0.08
Experimental group	1.19	1.24	1.21	0.07	0.15	0.23
實驗周數	44	38	41	28		21
流速區間						
控制組 $\text{cms}^{-1}$	2.6~3.7	10.4~14.6	2.7~8.6	5.0~13.3		2.4~5.3
實驗組 $\text{cms}^{-1}$	3.0~17.1	11.2~38.7	5.8~20.4	15.6~24.0		5.9~14.0

除了影響水平莖的形成，混植的水蓴衣也會以提高水面下的葉片比例來因應實驗組逐步調高的水流環境（表 9），無論是大安水蓴衣或柳葉水蓴衣，實驗組的水下葉片數與總綠葉數比值均高於控制組。在單植的柳葉水蓴衣中，實驗二、三亦呈現實驗組水下葉片數與總綠葉數比值較控制組為高的結果（表 10），而在單植的大安水蓴衣實驗中，也出現相同的反應結果（表 11）。水蓴衣是否以水下葉片數的形成來因應栽植水槽土壤表面逐漸增高的流速，以降低被水流沖刷的風險？值得加以討論。

表 9、混植水蓴衣於不同流速下之水下葉片數比較

	大安水蓴衣			柳葉水蓴衣		
	水下葉片數	採收時總綠葉數	水下葉片數/總綠葉數	水下葉片數	採收時總綠葉數	水下葉片數/總綠葉數
控制組	27	354	0.08	26	171	0.15
實驗組	41	296	0.14	54	204	0.26

表 10、單植柳葉水蓴衣於不同流速下之水下葉片數

	單植柳葉水蓴衣					
	實驗一		實驗二		實驗三	
	水下葉片數	採收時總綠葉數	水下葉片數	採收時總綠葉數	水下葉片數	採收時總綠葉數
控制組	349	1465	0.24	68	680	0.10
實驗組	72	631	0.11	92	738	0.12

表 11、單植大安水蓴衣於不同流速下之水下葉片數

	單植大安水蓴衣		
	水下葉片數	採收時總綠葉數	水下葉片數/總綠葉數
控制組	259	708	0.37
實驗組	237	414	0.57

#### 4.5 混植水蓴衣之流速適應範圍

在單植的柳葉水蓴衣三組實驗中，當平均流速在  $20.0 \text{ cms}^{-1}$  以下時，實驗組的累計綠葉數與黃葉數間維持一定差距，顯示柳葉水蓴衣可以正常生長，當流速超過  $30.0 \text{ cms}^{-1}$  時，實驗組的累計綠葉數與黃葉數間差距逐漸變小，說明柳葉水蓴衣的適生流速應在  $30.0 \text{ cms}^{-1}$  以下。單植的大安水蓴衣實驗中，在流速超過  $24.0 \text{ cms}^{-1}$  時，累計綠葉數與黃葉數間的距離逐步拉近，顯示其適生流速範圍在  $25.0 \text{ cms}^{-1}$  左右，略低於柳葉水蓴衣。

在混植的水蓴衣實驗中，由於薊馬與介殼蟲危害，許多葉芽未長成已萎縮，所以在實驗第 18 周平均流速  $14.0 \text{ cms}^{-1}$  時累計綠葉數與累計黃葉數的差距已開始縮小（圖 2），至第 22 周蟲害控制後趨於穩定，因此應尚未達到混植水蓴衣的流速耐受範圍，還需要更多實驗數據方能確定水蓴衣混植模式的抗流耐受範圍。

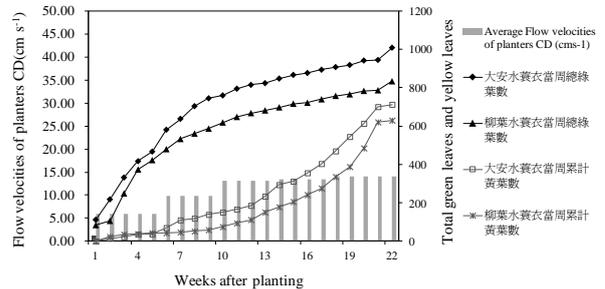


圖 2 混植水蓴衣之流速適應範圍

#### 4.6 混植水蓴衣於不同流速下之土壤沖蝕比較

水生植物除了抗流作用，對土壤也有抗沖刷的作用，本研究記錄採收後水槽所累積的沖刷土壤，經過  $105^\circ\text{C}$  及 24 小時烘乾後，量測其個別土壤乾重，並與單植的沖刷量做比較，結果發現，維持低流速的控制組在土壤沖刷方面，遠遠低於逐步調高流速的實驗組，後者一旦流速超過  $20.0 \text{ cms}^{-1}$ ，植栽槽的沖刷量就會變大（表 12）。但目前的實驗資料尚無法確認混植模式對土壤的保護作用是否較高，尚需更大流速區間之實驗資料佐證。

表 12、混植水蓼於不同流速下之土壤沖蝕比較

土壤沖刷量 (g)	單種栽植柳葉	單種栽植大安水	混植水蓼
	水蓼	蓼	
	實驗三		
控制組	295.3	285.8	94.1
實驗組	667.1	1105.0	612.1
實驗組/控制組	2.26	3.87	6.50
流速區間			
控制組 $\text{cms}^{-1}$	2.7~8.6	5.0~13.3	2.4~5.3
實驗組 $\text{cms}^{-1}$	5.8~20.4	15.6~24.0	5.9~14.0

## 五、結論

從本次混植模式的實驗結果中，雖然因為病蟲害的緣故，在有限的流速區間下，無法確認混植水蓼的抗流適應範圍，也無法解釋大安水蓼的平均葉面積、株高與根長比值、平均乾鮮重在實驗組中為何高於控制組？但仍可以歸納出混植的硬莖水生植物柳葉水蓼與大安水蓼在面對不同流速變化時，在生長速度、生物量、植株形態上均會產生改變。在生長速度方面，兩種水蓼各周的總綠葉數會因流速增加而受到抑制，總黃葉數則隨流速提高而增加；在生物量方面，流速變化大的實驗組鮮重增加率普遍低於流速變化小的控制組，說明流速確實影響水生植物的生長速度。

在株高與根長的變化方面，實驗組的柳葉水蓼雖然平均株高與根長較控制組低，但其株高與根長的比值卻是實驗組低於控制組，這樣的反應機制與單植時的柳葉水蓼相同，說明柳葉水蓼以增加根長比例來因應較高流速的環境。然而當進一步比較其株高與根長之比值時，則發現控制組與實驗組之株高根長比值均大於 1.0，顯示柳葉水蓼的地上部株高要大於地下部的根長，對柳葉水蓼的錨定機制顯然不利。當再比對大安水蓼的株高與根長的變化時，雖然株高與根長的比值在混植模式下未呈現實驗組低於控制組的狀況，與單植時的反應不同，但無論是單植或混植的大安水蓼，其株高與根長比值均小於 0.6，表示大安水蓼的地上部株高平均值遠低於地下根的平均值，這也說明大安水蓼在水生環境中係以加長根長以增加植株的錨定為因應機制。

此外，實驗組中的大安水蓼與柳葉水蓼會形成較多的水平莖，讓原本挺直的莖部有機會碰觸水面而在節間發根，增加族群存活的机会。實驗也發現，混植時平均斷面積較小的柳葉水蓼形成水平莖的速度要較大安水蓼為快，水下葉片的數量因此較多，後者則因為莖部直徑較大，由直立生長逐漸變為水平生長顯然需要更長的時間，其水下葉片形成的速度也相對較慢。

水蓼的反應是否可代表所有木質化水生植物？當以彈性莖部的水芹菜與硬莖的柳葉水蓼混植，甚或高莖的大安水蓼與矮莖的小獅子草混植時，水生植物將如何調整其抗流適應？其在人工水道中形成的根網對土壤的保護或攔截作用與單一物種相比為何？當將實驗轉移至開放的人工圳溝時是否有相同的反應機制？均為本研究擬陸續釐清的問題。這樣的種間差

異還存在著許多值得進一步探討的空間，也是本計畫後續的研究方向。

## 六、誌謝

本研究獲得國科會專題研究補助，研究編號 NSC 101-2410-H-216 -005，謹此誌謝。

## 七、參考文獻

- Green, Julian C. (2004), "Modelling flow resistance in vegetated streams: review and development of new theory," *Hydrological Processes*, 19 (6): 1245-1259.
- Järvelä, Juha (2004), *Flow Resistance in Environmental Channels: Focus on Vegetation*. Helsinki University of Technology Water Resources Publications, Finland.
- Simon, A. and A.J.C. Collison (2002), "Quantifying the Mechanical and Hydrologic Effects of Riparian Vegetation on Stream-Bank Stability," *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(5): 527-546.
- Greenway, D.R. (1987), *Vegetation and Slope Stability*. In: *Slope Stability*, M.G. Anderson and K.S. Richards (Editors). John Wiley and Sons Ltd, New York, New York.
- Anderson, R.J., B.P. Bledsoe and W.C. Hession, (2004), "Width of Streams and Rivers in Responsive to Vegetation, Bank Material, and Other Factors," *Journal of the American Water Resources Association*, 40(5): 1159-1172.
- Lewis, N.K. (1997), "Use of the Discharge-weighted Average Velocity in studies of the frictional energy loss of streamflow," *Earth Surface Processes and Landforms*, 22: 329-336.
- Manz, D.H. and D.R. Westhoff (1988), "Numerical analysis of the effects of aquatic weeds on the performance of irrigation conveyance systems," *Canadian Journal of Civil Engineering*, 15: 1-13.
- Schutten, J. and A.J. Davy (2000), "Predicting the hydraulic forces on submerged macrophytes from current velocity, biomass and morphology," *Oecologia*, 123: 445-452.
- Sand-Jensen, K. (2003), "Drag and reconfiguration of freshwater macrophytes," *Freshwater Biology*, 48: 271-283.
- Schutten, J. and A.J. Davy (2000), "Predicting the hydraulic forces on submerged macrophytes from current velocity, biomass and morphology," *Oecologia*, 123: 445-452.
- Dabney, S.M.; M.T. Moore and M.A. Locke (2006), "Integrated Management of In-field, Edge-of-field, and After-field Buffers," *Journal of the American Water Resources Association*, 42(1): 15-24.
- 拱祥生、林宏達 (2003), 「植生對邊坡生態工法穩定性影響分析初探」, 技師月刊, 第 31 卷, 第 60-68 頁。
- 林信輝、楊宏達、陳意昌 (2005), 「九芎植生木樁之生長與根系力學之研究」, 中華水土保持學

- 報，第 36 卷，第 2 期，第 123-132 頁。
14. 陳秀婷、吳瑞賢、陳致向、游新旺、朱榮華、陳主惠 (2006)，「含根土壤剪力強度之實驗量測與數值分析」，第十五屆水利工程研討會，第 H112-119 頁，桃園縣中壢市。
  15. 吳正雄 (1990)，「植生根力與坡面穩定關係之研究」，國立台灣大學森林學研究所博士論文，台北。
  16. 游新旺、陳主惠、朱榮華 (2006)，「根力模式對含根土壤剪力強度評估之影響」，第十五屆水利工程研討會，第 H177-184 頁，桃園縣中壢市。
  17. 朱榮華等 (2005)，「根系變形模式與含根土壤剪力強度之研究」，中國技術學院學報第 27 期。
  18. 楊紹洋、陳獻、邱金火、洪偉哲 (2006)，「生態渠道水理特性之研究」，第十五屆水利工程研討會，第 H128-133 頁，桃園縣中壢市。
  19. 林鎮洋、陳彥璋等 (2006)，「水庫集水區生態水工結構物設計參數之建立」，經濟部水利署。
  20. 呂珍謀、詹勳全、黃偉哲 (2008)，「河道植生群型態對水流之影響」，中華水土保持學報，第 39 卷，第 1 期，第 95-107 頁。
  21. 台灣河川復育網站，[http://trrn.wrap.gov.tw/index.php?option=com\\_content&view=frontpage.20090510](http://trrn.wrap.gov.tw/index.php?option=com_content&view=frontpage.20090510)。
  22. <http://www.ryes.chc.edu.tw/water/data2/data53.htm>。
  23. 黃增泉等 (1998)，「台灣植物誌第二版」，國立台灣大學植物學系。
  24. 黃朝慶、文紀鑾 (1999)，「大安水蓑衣之繁殖」，自然保育季刊，第 26 期，第 34-37 頁。
  25. 台北植物園資訊網，2013，<http://tpbg.tfri.gov.tw/PlantContent.php?rid=874>，20130922。
  26. 陳湘媛、林鎮洋 (2011/12)，「模擬水道中硬莖水生植物之抗流機制研究」，第二十屆水利研討會，第 258-265 頁，嘉義市。
  27. 陳湘媛、林鎮洋 (2010/11)，「模擬水道中水生植物抗流機制之種間差異研究」，第十九屆水利研討會，第 69-76 頁，雲林斗六市。

# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2013/09/22

國科會補助計畫	計畫名稱: 模擬水道中混植模式之挺水植物的抗流適應研究
	計畫主持人: 陳湘媛
	計畫編號: 101-2410-H-216-005- 學門領域: 景觀學
無研發成果推廣資料	

101 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：陳湘媛		計畫編號：101-2410-H-216-005-				
計畫名稱：模擬水道中混植模式之挺水植物的抗流適應研究						
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比		
國內	論文著作	期刊論文	1	1	30%	1. 陳湘媛、郭城孟（2013/3）從景觀生態地圖之建構探討出磺坑產業地景之活化，Advances in Environmental Protection 環境保護前沿，Vol. 3, No. 1, pp. 16-24。  1. 陳湘媛（2013/11/14）水生植物於不同流速下之形態變異與抗流適應，第十七屆海峽兩岸水利科技交流研討會，苗栗市。 2. 陳湘媛（2013/10/24）模擬水道中混植之硬莖挺水植物的抗流適應研究，第21屆水利工程研討會，宜蘭大學。 3. 陳湘媛（2013/8/10）模擬水道中混植模式之挺水植物的抗流適應研究，2013 景觀領域國科會專題研究計畫研討會，pp. 92-94，台北市。
		研究報告/技術報告	1	1	100%	
		研討會論文	3	3	100%	
	專書	0	0	100%	篇	

	專利	申請中件數	0	0	100%	件		
		已獲得件數	0	0	100%			
	技術移轉	件數	0	0	100%	件		
		權利金	0	0	100%		千元	
	參與計畫人力 (本國籍)	碩士生	0	0	100%	人次		
		博士生	0	0	100%			
		博士後研究員	0	0	100%			
		專任助理	0	0	100%			
	國外	論文著作	期刊論文	0	1	100%	篇	Shiang-Yuarn Chen, Jen-Yang Lin (2013, in reviewing) Interspecific aquatic macrophyte flow resistance mechanism adaptations in a simulated water channel. Ecological Engineering. (SCI/EI).
			研究報告/技術報告	0	0	100%		
			研討會論文	0	0	100%		
			專書	0	0	100%		章/本
專利		申請中件數	0	0	100%	件		
		已獲得件數	0	0	100%			
技術移轉		件數	0	0	100%	件		
		權利金	0	0	100%		千元	
參與計畫人力 (外國籍)		碩士生	0	0	100%	人次		
		博士生	0	0	100%			
		博士後研究員	0	0	100%			
		專任助理	0	0	100%			

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

科 教 處 計 畫 加 填 項 目	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

## 1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

## 2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

## 3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

今日的生態工程與環境復育常利用植物保護水岸邊坡防止沖蝕，水生植物如何影響其所生長的水道之水力已有許多相關研究，但從植物之生理與形態變異來探討其對流速的反應，或是對於混植方式是否有較高的抗流能力與土壤保護效應之研究則很少見。本研究係延續過去四年的實驗，以兩種挺水植物為對象，研究不同植生形態的水生植物在混植模式下的抗流適應。

本次實驗係以兩種水蓴衣：寬葉的大安水蓴衣與細葉的柳葉水蓴衣為植物材料，擬進行挺水植物混植後對流速的反應研究，以瞭解以下問題：混植形式的栽植是否在物種生存競爭的狀況下讓水蓴衣得以有更大的抗流適應範圍？混植後的水生植物如何調整其抗流適應？以及其在人工水道中形成的根網對土壤的保護或攔截作用與先前研究之單一物種相比為何等。研究發現，混植的柳葉水蓴衣與大安水蓴衣的生長速度確實受到流速之抑制，當流速持續增加後，二者之生長速度變緩，平均直徑變小，其原本挺立生長的硬質莖逐漸轉變成水平莖，呈水平形態的莖葉除可增加抗流彈性外，也讓水蓴衣族群有更大的機會接觸水面而得以在節間發根生長，增加其生存的機會。預期本研究成果除可確認適性植生種類或先驅植物種外，亦可瞭解水生植物在生態工程上可扮演的角色與極限，未來可做為河道植生工程與環境復育之設計依據。