

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

不同流速與群聚模式之植生抗流機制研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 98-2410-H-216-019-
執行期間：98年08月01日至99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
共同主持人：林鎮洋

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99年10月04日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

不同流速與群聚模式之植生抗流機制研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 98-2410-H-216-019

執行期間：98 年 8 月 1 日至 99 年 7 月 31 日

執行機構及系所：中華大學景觀建築學系

計畫主持人：陳湘媛

共同主持人：林鎮洋

計畫參與人員：張育崧、陳莉茹、王張桂、李宛賢

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國心得報告：

赴國外出差或研習心得報告

赴大陸地區出差或研習心得報告

出席國際學術會議心得報告

國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

中 華 民 國 九 十 九 年 十 月 五 日

不同流速與群聚模式之植生抗流機制研究

摘要

本研究係從模擬水道出發，探究不同群聚模式的水生植物對於不同流速之水道，在抗流力方面會產生如何之變化。研究結果發現，簇群栽培之水生植物，確實較單植者有較強之抗流能力，對環境之適應能力亦較單植者為強，以水芹菜為例，單植者在面對較高流速沖刷時，其生長速度趨緩，莖芽組織變得矮小且柔軟，以增加植物的抗流彈性，此外，其平均根長變短，錨定能力降低，其根莖葉之生物量均受到流速之抑制；至於簇群的水芹菜，在株高、根長與平均綠葉數方面，實驗組與控制組之差異並不明顯，但是平均單位面積之維管束數量仍是高流速之實驗組高於低流速之控制組，呈現與單植者相同的結果，亦即水芹菜在面臨較高流速時，確實以減少莖芽之斷面積但是增加維管束密度的方式作為生理機制的調整。

關鍵字：抗流機制、模擬水道、水生植物、生態工程

Abstract

The aim of this study was to examine how clustered aquatic macrophytes respond to different channel flow velocities in terms of changes in their flow resistance mechanisms. Study results showed that the flow resistance ability and environmental adaptability is superior in those planted in the patterns of clusters than those planted singly. *Oenanthe javanica* DC. (water celery) presented morphological variations at different flow velocities. In singly planted patterns, the growth rate became slow and plant shoots were shorter and softer to increase plant flexibility as flow velocities increased. Root length and root anchorage decreased. Root, stem, and shoot mass were also found to be restricted to flow velocity. On the other hand, the clustered water celery did not show obvious difference in planting height, root length and averaged numbers of green leaves between control groups and experimental groups. However, the numbers of vascular bundles per square micrometer in the experimental groups increased as flow velocity increased, which was the same as the singly planted patterns. It evidenced that the flow resistance mechanisms of water celery when facing higher flow velocity is to decrease its section area but increase the density of vascular bundles.

Key words: flow resistance mechanism, simulated channel, aquatic macrophytes, ecological engineering.

一、研究動機與目的

本研究係延續過去兩年的實驗，從模擬之水工模型出發，探究簇群模式之水生植物對於不同流速之水道，在抗流力方面會產生如何之變化，並就植被之生長速率、莖葉組織強度的變化、抗流之耐度極限、抗冲刷反應等加以分析，期能找出簇群栽培方式的水生植物面對不同流速時在生理結構或組織上的反應機制，以與單株栽植模式者比較，可以科學實驗的方式分析植物的抗流特性與耐度，有助於釐清長期存在於工程與生態學界間的質疑，也可更確定植物在河川環境穩定作用上的角色與功能。

二、文獻回顧

2.1 國外對於植物抗流之相關研究

影響抗流之作用包括：植栽大小、結構特性、在河道中的區位、當地的流動條件。雖然學者很早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)，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)。

研究發現，淡水水生植物在流動水流中遭遇潛在的阻力時，必須在形態上加以適應以避免機械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)，以便抵抗強的阻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 (Sand-Jensen, 2003)。大部分的物種無關乎生長的形式，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 (Koehl, 1984)。

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，如莖葉分歧、維管束之變化等之研究尚很罕見，也從未就配置模式差異產生的抗流機制做相關研究，因此可預見此領域的研究價值。

2.2 國內相關研究

2.2.1 植生對邊坡穩定性的相關研究

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) 九芎植生木樁之生長與根系力學之研究，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反應的相關研究則闕如。

2.2.2 國內關於生態渠道之研究

國內關於生態渠道之研究包括楊紹洋等 (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。

根據本研究第一階段之研究，水芹菜在面對較大的流速變化時，其反應機制為降低株高、根長，採收後計算株高與根長之比值，實驗組 CD 槽比值要大於控制組 AB，意謂流速增加會抑制植物根部的生長速度，水芹菜用以避免機械傷害的反應機制乃是降低植株的高度與直徑，以便有較彈性柔軟的莖部對抗拖曳力，至於其根部變短，推測乃是為使植株降低錨定作用，以便有機會尋找更適當的生長環境。(陳湘媛等，2010)

三、實驗設備與研究方法

3.1 採土原則

由於研究係以河川砂石為植物栽培介質，以更能模擬實際河道之環境，因此選定苗栗縣南庄鄉蓬萊溪中上游段為採土樣區，至於採土原則如下：

- 1、未經過人為整治過之天然河川或經整治但已植生穩定之河川。
- 2、人員車輛可及性高的地點。
- 3、採土周圍有植栽及生物生長，未受污染之土壤。
- 4、採取約 10cm 厚的表層土壤。
- 5、過大的石塊及多餘的水份於採土前事先排除。

3.2 蓬萊溪環境資料

蓬萊溪是中港溪的上游重要支流之一，位於苗栗縣南庄鄉蓬萊村，因屬上游河段，河岸植被樹木茂密，河中大石林立，因清澈的河水、豐富的魚蝦，每至假日吸引眾多遊客至此戲水烤肉，因此造成河川污染，加上因網捕、毒魚而破壞河川生態（資料來源：台灣河川復育網站），因此近年來推動封溪護漁運動，希望能夠回復當地的生態資源。

3.3 植物選種

3.3.1 植物材料選種依據：

- 1、為配合水槽尺寸，植物材料尺寸需低於 30 cm。

- 2、植物生長勢強、易於繁殖、多年生草本、分佈範圍廣。
- 3、屬本土或馴化種，對本土生態環境無威脅性。
- 4、低人工維護，天然之環境可自然生長。
- 5、根系需有良好之固土定砂能力。

3.3.2 植栽選定

水芹菜：繖形科 *Apiaceae*

學名：*Oenanthe javanica* DC.

- 1、植物分佈：全台灣水溝邊、田畦及溪岸常見。
- 2、植物生理特性：多年生草本，植物體多分枝，高可達 30cm，全株具芹菜之香味。莖中空，表面有稜脊，無毛。葉互生，一至三四羽狀複葉，小葉卵形、橢圓形至線形，鋸齒緣。複繖形花序，花白色；萼片三角狀披針形，宿存；花瓣倒卵形，長約 2.5mm。離果，脈隆起。分布於熱帶亞洲。
(<http://content.edu.tw/primary/>)

3.4 植物組織切片

3.4.1 徒手切片法 (Free hand section)

實驗後採集之植株均以徒手切片法留下新鮮的莖部組織，分別以 F.A.A. 固定液（福馬林 5 ml，冰醋酸 5 ml 以及 50%~70% 酒精 90 ml）暫時保存，留待記錄斷面積與植物組織。

3.5 實驗設備

3.5.1 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、變頻馬達 2 具。
- 3、植栽槽木箱，長 90cm，寬 29cm，高 5cm，板厚 1cm，以樹脂與鐵釘膠著固定。
- 4、三尺長 40w 雙管植物燈兩盞。
- 5、定時器 Timer，(設定照光時間 6:30am~17:30pm)。
- 6、溫度計。

3.5.2 實驗操作

3.5.2.1 植物栽種計劃

- 1、於栽種前每株水芹菜先於電子秤秤得其鮮重，再測量水芹菜之株高、直徑、綠葉數與根長。

2、每組植栽槽種植 3 株一簇共 48 株水芹菜，且採品字型種植，初期兩槽固定相同流速，讓水芹菜生長勢穩定後調整實驗組流速。

3、植栽槽覆土深度 4cm。

3.5.2.2 實驗採收

- 1、採收後測量個別水芹菜之高度及根長、最高綠芽之直徑、地下匍伏莖之長度、鮮重。
- 2、採用徒手切片法，將水芹菜莖的斷面切片後，於電子顯微鏡中拍照，並使用 Image J 軟體計算其斷面積，並計算維管束數量。
- 3、於攝氏 105°C、24 小時烘乾後測其總乾重。

四、研究結果

本研究主要以簇群方式栽植水芹菜，以便與單植方式之抗流反應做比較，研究期間一共完成兩次實驗，分別為實驗一，從 2008 年 9 月至 2009 年 02 月，歷時 18 周，與實驗二，自 2009 年 1 月至 2009 年 5 月，歷時 18 周。由於實驗期間遭遇蚜蟲蟲害，乃施予有機酸鉀鹽製劑 100 倍稀釋液噴灑驅蟲。而實驗二由於病蟲害問題嚴重，提前結束實驗，因此主要以實驗一結果做分析。

4.1 不同流速影響水生植物之生長速度

實驗一最初，控制組植栽槽 AB 平均綠葉數為 3.10；實驗組 CD 槽之平均綠葉數為 3.19，實驗組約高出控制組 3.0%（圖 1）。當實驗組之流速調整至 0.33 m/sec 時，控制組植栽槽 AB 平均綠葉數為 3.23；實驗組 CD 槽之平均綠葉數為 3.07，實驗組約低於控制組 4.8%，雖然差異並不顯著，仍能看出流速影響簇群栽種之水芹菜的綠葉生長速度。

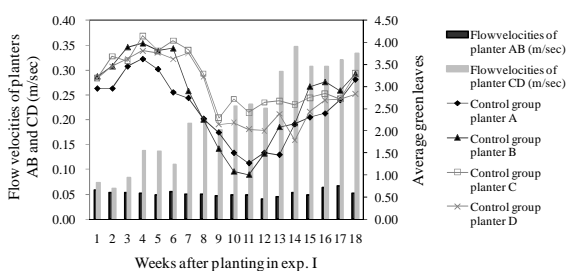


圖 1 實驗一簇群栽種之水芹菜於不同流速下之平均綠葉數

4.2 不同流速影響水生植物之生物量

實驗一操作最初，控制組 AB 總鮮重為 57.72 gm；實驗組 CD 總鮮重為 52.39 gm，實驗組低於控制組 9.2%，但在栽種 18 週後採收，控制組 AB 之總鮮重為 8.33 gm，實驗組之總鮮重則為 13.46 gm，此時實驗組之總鮮重約高於控制組 61.6%。

當以攝氏 105°C，24 小時烘乾後，控制組 AB 總乾重為 0.75 gm，實驗組總乾重為 1.25 gm，實驗組之總乾重約高於控制組 66.7%。主要因為控制組 AB 受到蟲害使得老株死亡，剩下匍匐莖上的匍匐芽持續萌芽生長，但生出的新芽較為矮小；至於實驗組 CD 受到蟲害的情形沒有控制組 AB 嚴重，也讓老株能夠繼續萌發新芽，連帶導致實驗採收後控制組 AB 較實驗組 CD 生物量為低。

在單株實驗中，採收後實驗組的平均鮮重低於控制組 43.4%，但於簇群栽種實驗中，卻是實驗組之平均鮮重較控制組高 66.7%，可據此推斷簇群栽種之水芹菜抗流能力提升，於流速達 0.33 m/s 時尚有 50% 之成活率，其生長勢不像單株者在流速達 0.25 m/s 時生長已經趨緩，而是有更高的環境適應能力。

4.3 不同流速影響水生植物之型態

4.3.1 不同流速之水生植物株高變化

實驗一中控制組 AB 實驗前平均株高為 129.5 mm；實驗組 CD 的實驗前平均株高為 130.1 mm，實驗組較控制組高 0.46%；實驗 18 週後控制組 AB 平均株高為 69.1 mm；實驗組 CD 的實驗後平均株高為 80.3 mm，實驗組仍較控制組高 16.2%。

於單株實驗中，實驗組 CD 在平均株高上要較控制組 AB 低矮(陳湘媛, 2010)，例如單株栽植實驗 I 中，實驗組低於控制組約 54.3%，實驗 II 中也有約 10% 的差距，實驗 III 則是實驗組略高於控制組 7.0%，但是株高平均值均低於實驗之初始值，表示流速對水芹菜之株高確有影響(表 1)(陳湘媛, 2010)；於簇群栽植實驗中，實驗一的實驗組 CD 比控制組 AB 平均株高要高 16.2%，與單植者結果不同，由此可知簇群栽種的水芹菜，能抵抗的流速範圍較單株植栽者更廣。

表 1 單株栽植水芹菜於不同流速下之株高變化

	Height after exp. I (mm)	Height before exp. II (mm)	Height after exp. II (mm)	Height before exp. III (mm)	Height after exp. III-1 (mm)	Height after exp. III-2 (mm)
Control group planter A	195.5	175.3	80.4	131.9	255.2	106.5
Control group planter B	183.0	169.3	70.0	123.3	251.5	107.6
Experimental group planter C	111.1	168.5	67.6	123.0	253.1	108.7
Experimental group planter D	94.5	173.7	67.3	127.5	253.4	120.3

資料來源：陳湘媛，2009

4.3.2 不同流速之水生植物直徑變化

實驗一中控制組 AB 在實驗前平均直徑為 1.72 mm；實驗組 CD 在實驗前平均直徑為 1.70 mm，實驗組較控制組低 1.2 %；實驗 18 週後控制組 AB 平均直徑為 0.80 mm；實驗組 CD 的實驗後平均直徑為 0.73 mm，實驗組低於控制組 8.8 % (圖 2)，顯示簇群栽植的水芹菜於高流速時植株的直徑會變小，此與單株栽種的結果相同 (表 2)，推測水芹菜雖然還是以簇群方式栽種，但仍會以降低直徑的方式，讓植株本身與水流接觸的面積減少，以避免受到高流速的機械性傷害。

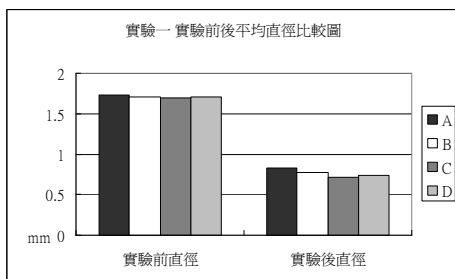


圖 2 實驗一簇群栽植之水芹菜實驗前後平均直徑比較圖

表 2 單株栽植水芹菜實驗前後平均直徑比較

	Diameter after exp. I (mm)	Diameter before exp. II (mm)	Diameter after exp. II (mm)	Diameter before exp. III (mm)	Diameter after exp. III-1 (mm)	Diameter after exp. III-2 (mm)
Control group planter A	1.33	2.59	0.97	2.10	1.80	1.15
Control group planter B	1.23	2.6	1.14	2.09	1.80	1.10
Experimental group planter C	1.11	2.65	0.97	2.08	1.79	1.17
Experimental group planter D	1.03	2.98	0.90	2.22	1.86	1.10

資料來源：陳湘媛，2010

4.3.3 不同流速之水生植物根長變化

實驗一中控制組 AB 實驗前平均根長為 47.4 mm；實驗組 CD 的實驗前平均根長為 43.0 mm，實驗組低於控制組 9.3 %；於實驗

18 週後控制組 AB 平均根長為 36.8 mm；實驗組 CD 的實驗後平均根長為 41.6 mm，實驗組高於控制組 13.0 %。

於單株實驗中，實驗組 CD 在平均根長方面明顯比控制組 AB 較短，顯示水芹菜面臨高流速之惡劣環境，以降低根長的方式離開原來的生長地區，讓自己有機會尋求更佳的生長環境 (圖 3) (陳湘媛，2010)，於簇群實驗中，實驗組 CD 卻比控制組 AB 高出 13.0% (圖 4)，由此推斷簇群栽種的水芹菜，於 0.33 m/sec 的流速中，還能夠繼續適應生長，因此尋求更佳生長環境之急迫性並無單株栽植者大，其在根長變化上的反應也因此並不明顯。

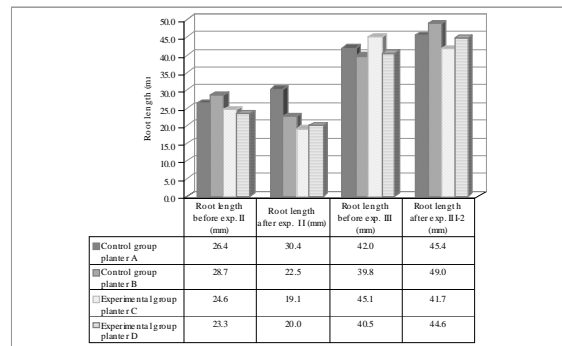


圖 3 單株栽種之水芹菜實驗前後根長比較圖 (陳湘媛，2010)

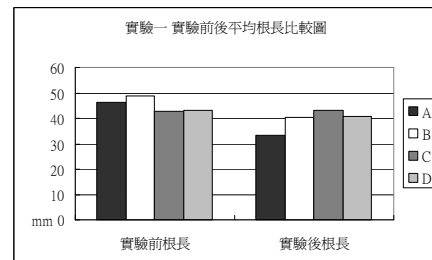


圖 4 實驗一實驗前後平均根長比較圖

4.4 水生植物之生理解剖

4.4.1 簇群水生植物維管束的變化

研究將實驗一水芹菜採收後進行徒手切片，測得控制組 AB 的平均維管束為 3.4，實驗組 CD 的平均維管束為 3.6，實驗組高出控制組 5.88 %。

當將維管束數量換算為水芹菜平均單位斷面積的維管束密度時，發現簇群的實驗中維管束反應與單株實驗者相同，在單株實驗時流速較高的實驗組 CD 單位面積之維管束數量高於控制組 AB，而於簇群實驗中實驗組

CD 單位面積之維管束數量為 7.75，控制組 AB 單位面積之維管束數量為 6.94，實驗組 CD 單位面積之維管束數量亦高於控制組 AB，可知簇群與單株栽植方式的水芹菜皆會以增加維管束密度的方式因應高流速的惡劣環境。

4.4.2 不同流速之水生植物斷面積與厚度的變化

實驗一採收後的徒手切片結果，控制組 AB 的平均斷面積為 0.50 mm²，實驗組 CD 的平均斷面積為 0.46 mm²，實驗組較控制組低 8.0 %；在平均厚度方面，控制組 AB 的平均厚度為 0.78 mm，實驗組 CD 的平均厚度為 0.72 mm，實驗組低於控制組 7.7 %。

實驗組之平均斷面積與平均厚度均低於控制組，此與單株的實驗結果相同，顯示水芹菜即使是簇群型式，也會以調整斷面積與降低厚度的方式，讓自己在面臨高流速環境時能夠有較柔軟的型態而不被水流沖斷。

五、討論與相關性分析

在本研究中，實驗主要的自變項為流速，依變項則包括水芹菜的株高、根長、直徑、綠葉數、匍匐莖、維管束、斷面積、平均外徑、平均內徑與平均厚度等，為釐清究竟這些依變項間關聯性如何？乃將各依變項進行相關性分析，找出較顯著之項目以了解水芹菜各種生理反應之關聯性。

5.1 相關性分析

鑑於本研究僅實驗一完成整個實驗運作，而實驗二、三於實驗中期水芹菜即已全數死亡，並無法完成採收作業，所以各項相關性分析之資料係以實驗一為主。

5.2 株高與根長相關性分析

控制組 AB 槽水流為定轉速低流速，株高與根長為中低度相關。

實驗組 CD 槽，受到不同的流速沖刷，植株高度與根長成中度相關的線性關係（圖 5、圖 6），在單株的水芹菜實驗中，當流速到達 0.25 m/s 時，水芹菜的平均根長會變短，透過降低錨定作用以增加尋求更適宜生長環境的機制；但於簇群栽種時即使流速已達到 0.33

m/s，卻尚未發現植株的根長有變短之趨勢，由此推斷簇群栽植的水芹菜在高達 0.33 m/s 的流速下，還在其所能承受的抗流耐受範圍內，因此並未顯現根長變短型態變化。

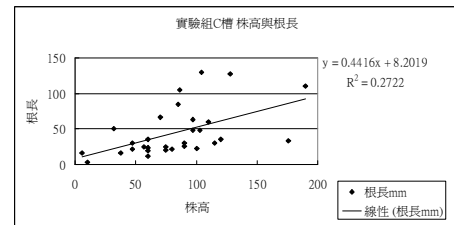


圖 5 實驗組 C 槽株高與根長關係圖

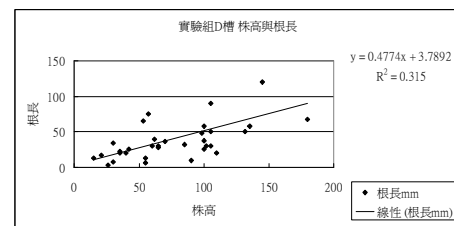


圖 6 實驗組 D 槽株高與根長關係圖

5.3 株高與直徑之相關性分析

控制組 AB 槽因為轉速固定，植株受到流速變化的影響有限，因此其生長勢穩定，水芹菜株高越高時，直徑相對較粗，株高與直徑兩者呈現中度相關的線性關係。

在實驗組 CD 槽，實驗前平均株高為 130.1 mm，直徑平均為 1.70 mm，實驗後平均株高為 80.3mm，高於控制組的 69.1mm，直徑則為 0.73 mm，低於控制組的 0.80mm，實驗組 CD 在實驗後平均株高高於控制組，但直徑卻低於控制組，株高與直徑間呈中高度相關（圖 7、圖 8）。

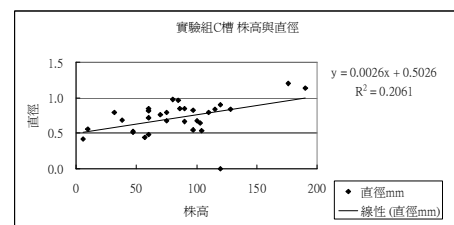


圖 7 實驗組 C 槽株高與直徑關係圖

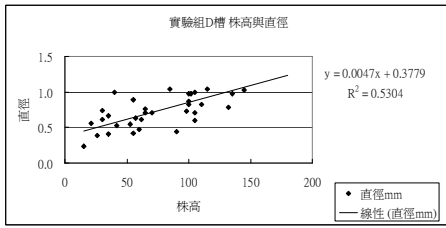


圖 8 實驗組 D 槽株高與直徑關係圖

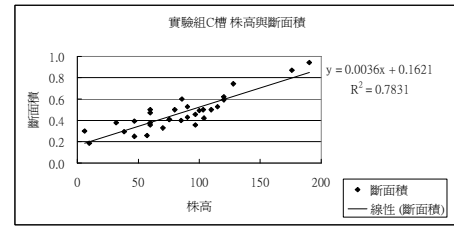


圖 11 實驗組 C 槽株高與斷面積關係圖

5.4 株高與綠葉數之相關性分析

控制組 AB 槽為固定轉速，植栽受到流速變化影響較小，株高與綠葉數呈現出中度相關的線性關係，可知在控制組植株越高所萌發出的綠葉數也越多。

實驗組 CD 槽因受到水流沖刷，於高流速中使得綠葉數的生長受到壓迫，其株高與綠葉數之間為中低度相關。

5.5 株高與斷面積之相關性分析

控制組 A 槽，株高與斷面積為高度相關的線性關係，意謂水芹菜株高越高時，需要越大的斷面積來支撐植株（圖 9）

控制組 B 槽，因於實驗時招受蟲害，老株死亡，綠葉多為匍匐莖上所發出的新芽，新萌發出的綠葉莖部較為細小，使得株高與斷面積比值較低，大致上可以歸納出株高與斷面積呈現中高度關聯性（圖 10）。

實驗組 CD 槽，株高多在 130 mm 以下，斷面積多在 0.2~0.6 mm²之間，如株高越高時，需要越大的斷面積來支撐植株，兩者間呈高度相關的線性關係（圖 11、圖 12）。

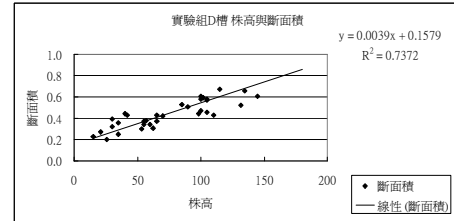


圖 12 實驗組 D 槽株高與斷面積關係圖

5.6 株高與平均外徑相關性分析

控制組 A 槽株高與平均外徑為線性關係，如株高越高時，需要越大的外徑來支撐植株（圖 13）。控制組 B 槽，因於實驗時招受蟲害，老株死亡新長出的植株多為匍匐莖上所發出的新芽，莖部較為細小，使得株高與平均外徑相關性較低，二者呈現中高度關聯性（圖 14）。

實驗組 CD 槽株高多在 130.0 mm 以下，平均外徑約在 1.0~3.0 mm 之間為多數，如株高越高時，外徑通常較粗，株高與平均外徑在實驗組呈現高度相關的線性關係（圖 15、圖 16）。

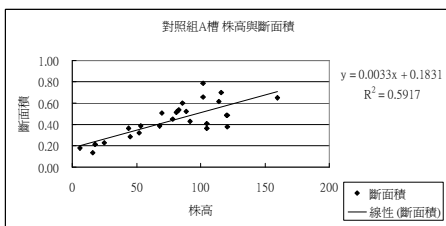


圖 9 控制組 A 槽株高與斷面積關係圖

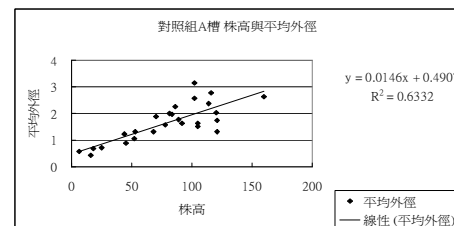


圖 13 控制組 A 槽株高與平均外徑關係圖

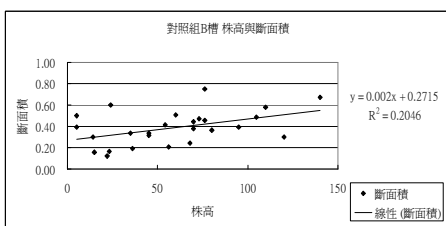


圖 10 控制組 B 槽株高與斷面積關係圖

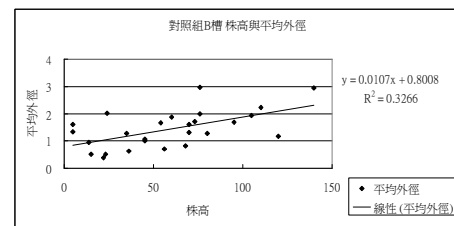


圖 14 控制組 B 槽株高與平均外徑關係圖

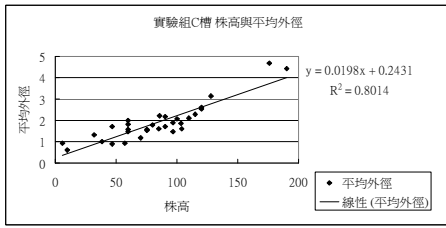


圖 15 實驗組 C 槽株高與平均外徑關係圖

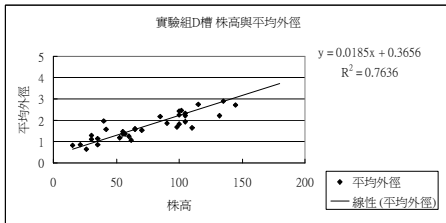


圖 16 實驗組 D 槽株高與平均外徑關係圖

5.7 株高與平均厚度相關性分析

控制組 AB 槽平均株高 69.1 mm，平均厚度 0.78mm，株高與平均厚度間呈現中高度相關性。

實驗組 CD 槽平均株高 80.3 mm，平均厚度 0.72mm，株高與平均厚度兩者呈現高度相關的線性關係（圖 17、圖 18）。

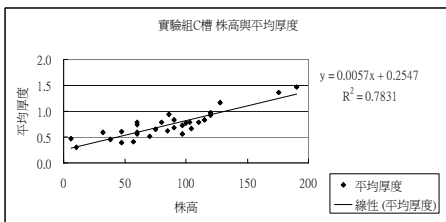


圖 17 實驗組 C 槽株高與平均厚度關係圖

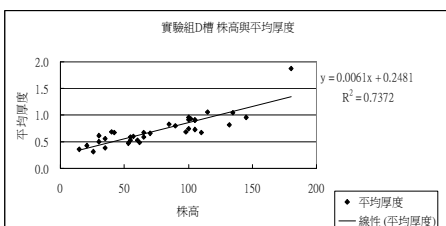


圖 18 實驗組 D 槽株高與平均厚度關係圖

5.8 簇群栽植水芹菜之抗流反應

實驗組中綠葉數受到流速變化的影響，栽植後 7~12 周時，因受到蚜蟲侵襲，使得水芹菜綠葉數減少，於流速約於 0.23 m/s 時，綠葉數量為最低，但於蟲害控制後綠葉數量回復上升趨勢。在單株栽植之水芹菜，於流

速達到 0.24 m/s 時生長勢即開始變差，但在本研究中，簇群栽培的水芹菜於最終採收時流速已達 0.33 m/s，其綠葉數仍持續上升中，雖然因成活率降至 50% 而將其採收，但仍能發現簇群栽培方式確實可提升水芹菜的抗流能力。

六、結論與建議

從本研究可以得知簇群栽種的水芹菜面對不同流速時，在生理機制上會呈現直徑變得較小、平均斷面積較小、平均厚度變薄等現象，證實了流速確實會影響水生植物的生長。

在單株實驗中，水芹菜只能承受約 0.24 m/s 的流速，但於簇群栽種時，僅在水芹菜的配置方式上有所調整，從單株變為三株一簇，但並沒有改變總株數的情況下，水芹菜的抗流能力卻能達到 0.33 m/s 以上的流速。

透過相關性分析，了解簇群栽培的水芹菜遭遇不同流速時所呈現的自我調節機制，如：流速越高時黃葉數量會持續升高，但水芹菜相對耐受度高，即使面對高流速時，還是會繼續生長且萌發出新的綠芽，在本研究中，簇群栽培的水芹菜於流速 0.33 m/s 時，其生長勢方才開始衰退，並高於單株栽培時的流速耐受度 0.24 m/s，證明簇群栽培的水芹菜抗流的能力提升，耐受範圍較廣。

從改變植栽配置型式卻未改變總株數的情況下，證實了簇群模式可以提升水生植物的抗流能力，可以給予未來施作植栽工程時，做為植栽配置設計之參考依據。

七、參考文獻

- Green JC. (2004), "Modelling flow resistance in vegetated streams: review and development of new theory." *Hydrological processes* 19(6): 1245-1259, DOI: 10.1002/hyp.5564.
- Järvelä J. (2004), "Flow resistance in environmental channels: focus on vegetation." Helsinki University of Technology Water Resources Publications, Finland, pp. 8-18.
- Simon A, Collison AJC. (2002), "Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on

- stream-bank stability.” *Earth Surface Processes and Landforms* **27**: 527-546, DOI: 10.1002/esp.325.
4. Koehl M. (1984), “ How do benthic organisms withstand moving water? ” *American Zoology*, **24**(1): 57-70.
 5. 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*, **31**: pp.60~68。
 6. 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*, **36**(2):123-132。
 7. 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*, pp. H112-119.
 8. 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。
 9. 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*, pp. H177-184.
 10. 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。
 11. 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*, pp. H128-133。
 12. 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。
 13. 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*, **39**(1): 95-107。
 14. 陳湘媛 (2010),「不同流速之植生抗流機制研究」, 國立台北科技大學博士論文。
 15. <http://trrn.wrap.gov.tw/>.
 16. http://content.edu.tw/primary/country/tc_u/n012/html/5-4.htm, 950409.

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）

（1）在生態方面的貢獻：鑑於生態研究工作需時較長，從文獻回顧發現，不論是國外或國內的相關文獻均少見針對植生抗流反應的實證研究，因此本研究計畫應屬先趨性研究，研究期間深得國外來台參訪學者 UC Davis 的 Professor Berry 之肯定，確信是有研究價值的計畫。

（2）在工程方面的貢獻：由於缺乏本土性動植物生態的長期調查資料，土木工程師只能依常識判斷或根據生態學者的短期環境調查資料進行設計，至於工程設計與施工的成敗則以植被生長速度或綠覆速度為判斷依據，卻無法證明其在生態上的價值與意義，因此本計畫做為一項基礎研究，希望結合工程與生態的知識，以科學的實驗方法，找出水生植物對抗水流的生理反應機制，以及其抗流特性與耐度，有助於釐清長期存在於工程與生態學界間的質疑，也可更確定植物在河川環境穩定作用上的角色與功能。

（3）研究成果可應用於河川景觀復育工程，可避免未來不當的設計與整治行為，對整治工程亦有一定的參考價值，可避免人力與物力之浪費。

（4）從植物的抗流能力進一步導正公私部門在河川實質環境方面的經營理念與策略，可建立其正確之價值觀與環境經營理念。

附錄:國際研討會論文

Shiang-Yuarn, Jen-Yang Lin (2010/7) Morphological adaptation of aquatic macrophytes in response to different flow velocities, 5th International Conference on Environmental Science and Technology, *ICEST* 2010.

MORPHOLOGICAL ADAPTATION OF AQUATIC MACROPHYTES IN RESPONSE TO DIFFERENT FLOW VELOCITIES

Shiang-Yuarn Chen (Chung Hua University, Hsinchu, Taiwan; NTUT)

Jen-Yang Lin (National Taipei University of Technology, Taipei, Taiwan)

ABSTRACT: Planting materials were used as a buffer zone to prevent riverbank erosion. However, there has been relatively little research conducted for studying the adaptation of plant characteristics to flow conditions. The study was carried out in an artificial channel. Study objectives were to examine how aquatic *Oenanthe javanica* DC. (water celery) macrophytes respond to different channel flow velocities through changes in their morphology; and to clarify the tolerance limit of the aquatic macrophytes at different flow velocities. Study results show that water celery experienced morphological variations at different flow velocities. In particular, as flow velocities increased, growth rate slowed and plant shoots became shorter and softer, to increase plant flexibility. Root length and root anchorage decreased. Root, stem, and shoot mass were found to be restricted by flow velocity.

INTRODUCTION

Many studies have demonstrated that plants affect flow velocities and prevent riverbank erosion (Simon *et al.*, 2006; Simon and Collison, 2002; Greenway, 1987; Wynn and Mostaghimi, 2006). However, most studies focused on the types of riverbank, and materials and construction methods used for riverbank protection, slope stabilization, erosion control, or to increase the survival rates of selected plants species (Elliott, 1998; Elliott, 2004; Anderson *et al.*, 2004). Relatively few field monitoring studies have verified the effectiveness of mitigation approaches or examined the effects of vegetation on channel and flow velocities or the morphological adaptation of plants to flow conditions (Green, 2005; Watson, 1987). This study was utilized an artificial channel to assess the ability of aquatic macrophytes to resist different flow velocities through repeated experiments. The primary aim of this study is to confirm the suitability of local plants for riverbank protection projects by examining how aquatic macrophytes respond to different channel flow velocities based on changes in their forms and structures. Additional goals are to determine the plant tolerance limits, and erosion-resistance response under various flow velocities. The final purpose of this study is to clarify the roles and limitations when utilizing aquatic macrophytes in ecological engineering applications and design work.

MATERIALS AND METHODS

Building an artificial channel. The artificial double channels, which were 200 cm long, 30 cm wide and 40 cm deep, were constructed of 1-cm-thick transparent acrylic panels. The other components were two adjustable water pumps and four planters. The planters made of 1-cm-thick wooden panels were 90 cm long, 29 cm wide, and 5 cm deep. The lighting was supplied by four 40-watt plant lights, each 100 cm long. Illumination time was from 06:30 to 17:30. Average luminance was 843 Lux. A control group and experimental group were designed to have the same environmental conditions and various flow rates. All experiments were conducted at room temperature. Since most average flow velocities of dredged rivers in Taiwan are 0.02–0.60 m/s (Dago Stream, 0.05–0.13 m/s; Fungau River, 0.02–0.52 m/s) (Lin, 2003; Lin *et al.*, 2005), the flow velocities were set between 0.05–0.50 m/s in all three trials. The slope of artificial channel was under 2.0%, which was the slope of slow flow in the downstream sections in Taiwan’s rivers.

Choosing plant species. *Oenanthe javanica* (Blume) DC. (water celery) was chosen. In Taiwan, water celery grows in ditches, ponds, paddy fields and other wet locations at low-to-medium altitudes all over the island (Huang *et al.*, 1998). This plant material is a kind of perennial herb and native species with threadlike rootlets that are easily to assess for sand stability.

Experimental steps. The culture media properties, plant weights, root lengths, channel slope, water depths, flow velocities, water qualities, pH values, and lighting duration for both the control group and experimental group were determined. The flow velocities for the experimental groups were increased every 4 weeks. The number of green shoots, yellow shoots, and stolon shoots was recorded. Additionally, height, root length, diameter, fresh weight, and total dry weight were recorded for each plant after harvesting. All three experiments were conducted over an 18-week period and were terminated when the difference in survival rate between two groups exceeded 10%.

RESULTS AND DISCUSSION

Growth rate varied under different flow velocities. When flow velocity was fixed for the control group, the difference between the average accumulated new green/yellow shoots in planters A and B continued increasing. While the flow velocity was increased every 4 weeks in the experimental group, the difference between the average accumulated new green/yellow shoots in planters C and D decreased when velocity exceeded 0.30 m/s. Experimental results indicate that the suitable flow

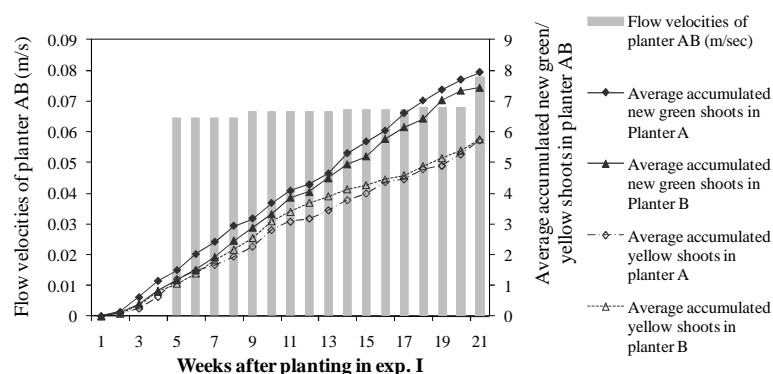


FIGURE 1. Difference between the average accumulated new green/ yellow shoots in the control group of planter A and B for experiment I.

velocities for water celery are in the range of 0.05–0.30 m/s (Figure 1, 2).

Biomass varied at different flow velocities. At the start of experiments, difference of total fresh weight of plants in the control group and experimental group was controlled below 10%. After harvesting, total fresh weight and dry weight were recorded as figure 3 and 4. All three experiments showed that the fresh and dry weights of the experimental groups were lower than those for the control groups after experiments.

Morphology varied under different flow velocities. The analytical results of the experiments show that water celery plants, when under high flow velocities, decrease their height, diameter, and root length. However, after harvesting, the ratio of plant height to root length in the experimental group was higher than that in the control group. Flow velocity hindered the overall growth rate of the water celery plants, and affected plant root length most, not height (Figure 5).

CONCLUSIONS

According to Sand-Jensen, macrophytic freshwater plants that encounter substantial drag forces in

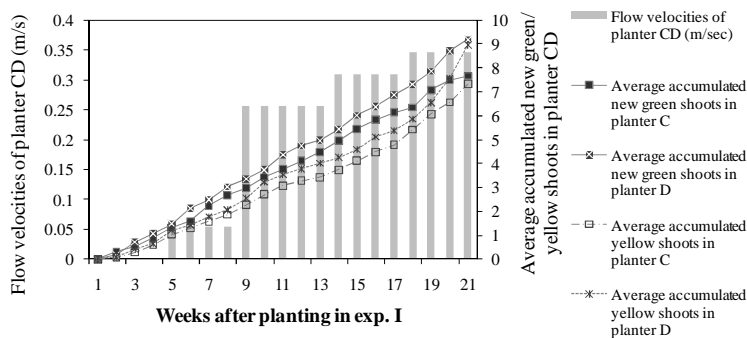


FIGURE 2. Difference between the average accumulated new green/ yellow shoots in the experimental group of planter C and D for experiment I.

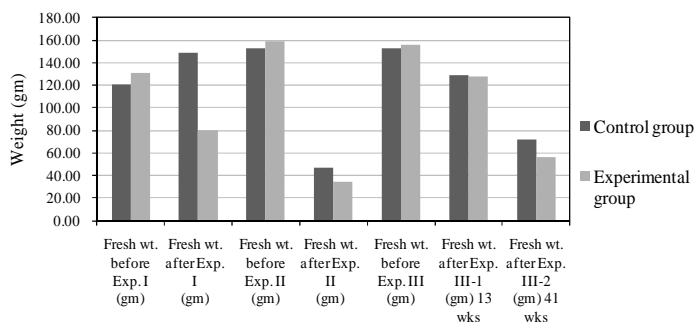


FIGURE 3. Comparison of fresh weights before and after experiments.

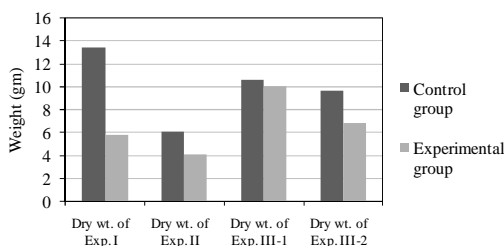


FIGURE 4. Comparison of dry weights after experiments.

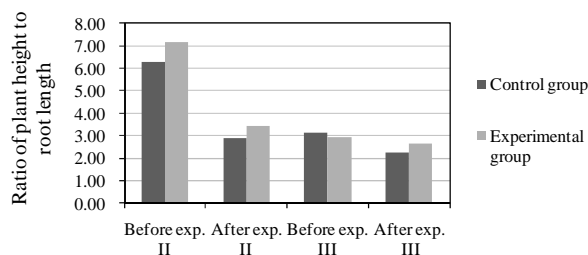


FIGURE 5. Ratio of plant height to root length.

flowing water must undergo morphological adaptations to prevent mechanical damage and uprooting (Sand-Jensen, 2003). The manner by which water celery avoids mechanical stresses when encountering drag forces at high flow velocities is to

reduce height and diameter, thereby forming relatively softer and more flexible shoots. Plants in the experimental groups also apparently underwent morphological adaptations to reduce root length and thereby reduce root anchorage strength. According to a study by Puijalon *et al.* (2005), this strategy may increase the dispersal capability of a species in high-flow habitats.

The suitable flow rates for water celery were 0.05–0.30 m/s. This rate is the same as most average flow velocities of dredged rivers in Taiwan.

Since suitable streambank vegetation may include a variety of plants, future studies can examine the flow-resistance mechanisms of clusters of water celery and other plants, and further investigate and clarify the roles and limitations of using aquatic macrophytes in ecological engineering applications.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was funded in part by the Taiwan National Science Council (Research Grant No. 96-2221-E-216-022; 98-2410-H-216-019) and Chung Hua University (Research Grant No. CHU-97-A-003). The authors would also like to thank Dr. Su-Hwa Chen and her staff members for the use of their laboratory in the Department of Life Science, National Taiwan University, and provided valuable comments.

REFERENCES

- Anderson, R.J., B.P. Bledsoe, and W.C. Hession. 2004. Width of streams and rivers in response to vegetation, bank material, and other factors. *J. of the American Water Resources Association*. 40(5), 1159-1172.
- Elliott, M. 1998. Vegetation and erosion--a literature survey. In: *Native Plants: Propagation and Planting, Conference at Oregon State University*. December 9-10, 1998.
- Elliott, M. 2004. Value, benefits and limitations of vegetation in reducing erosion. In: *Coastal training program, a workshop on shoreline management and stabilization using vegetation*. Washington, USA.
- Green, J.C. 2005. Modelling flow resistance in vegetated streams: review and development of new theory. *Hydrol. process*. 19(6), 1245-1259.
- Greenway, D.R. 1987. Vegetation and slope stability. In Anderson MG, Richards KS (Ed). *Slope Stability: geotechnical engineering and geomorphology* (pp. 187-230). John Wiley & Sons Ltd, New York.
- Huang, et al. 1998. *Flora of Taiwan* (2nd ed.). Department of Botany, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 3, 1030, in Chinese.
- Lin, H.S. 2003. *The ecohydrology of fish habitats in torrent control engineering- a case study on Dago Stream*. Master thesis of National Taipei University of Technology, Taipei, Taiwan, pp. 22-27, in Chinese.
- Lin, J.Y., Y.C. Chen, and C.H. Weng. 2005. The impacts of fish habitats' weighted usable area in different stream conditions: a case study of the Fungau River. *Chaoyang J. of Design*. 6, 1-16, in Chinese.
- Puijalon, S., G. Bornette, and P. Sagnes. 2005. Adaptation to increasing hydraulic stress: morphology, hydrodynamics and fitness of two higher aquatic plant species. *J. Exp. Bot.* 56(412), 777-786.
- Sand-Jensen, K. (2003). Drag and reconfiguration of freshwater macrophytes. *Freshw. Biol.* 48(2), 271-283.
- Simon, A., N. Pollen, and E. Langendoen. 2006. Influence of two woody riparian species on critical conditions for streambank stability: upper Truckee River, California. *J. of the American Water Resources*

Association. 42(1), 99-113.

Simon, A., and A.J.C. Collison. 2002. Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on stream-bank stability. *Earth Surf. Process. Landforms*. 27, 527-546.

Watson, D. 1987. Hydraulic effects of aquatic weeds in UK rivers. *Regulated Rivers: Research and Management*. 1, 211-227.

Wynn, T., and S. Mostaghimi. 2006. The effects of vegetation and soil type on streambank erosion, southwestern Virginia, USA. *J. of the American Water Resources Association*. 42(1), 69-82.

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

99年7月23日

附件三

報告人姓名	陳湘媛	服務機構及職稱	中華大學景觀建築學系
會議時間 地點	2010/07/12~2010/07/16 Houston, Texas, USA	本會核定 補助文號	NSC 98-2410-H-216-019
會議名稱	(中文)第五屆環境科學與技術國際研討會 (英文) The Fifth International Conference on Environmental Science and Technology		
發表演文題目	(中文) 水生植物於不同流速下之型態適應 (英文) MORPHOLOGICAL ADAPTATION OF AQUATIC MACROPHYTES IN RESPONSE TO DIFFERENT FLOW VELOCITIES		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、參加會議經過 環境科學與技術國際研討會係由美國科學研究院 (American Academy of Sciences) 所主辦，今年是第五屆，本研討會是環工界的重要年會，本人於去年接到其研討會資訊後即積極準備，希望將過去三年的研究心得在研討會中發表，並與各界學術菁英有交換研究心得的機會。研討會摘要提送日期是在 2009 年 12 月，摘要經審查通過後全文於 2010 年 6 月底前提送主辦單位。</p> <p>二、與會心得 由於本研討會的性質為環境工程，所以發表的論文多是環工技術為主，包括遙感探測在水質與環境監測上之應用、水質改善、重金屬汙染物質之去除、奈米技術之運用與環境資源、集水區管理等，至於生態系統評估與復育領域的研究相對要比較少，對於環境倫理與環境教育的研究也剛開始出現，表示這兩者的研究潛力應該還很有空間。</p> <p>三、考察參觀活動(無是項活動者省略) 主辦單位辦理之參觀活動為 NASA 半日自費旅遊。</p> <p>四、建議 近年來國內常有學術單位與政府機關合作舉辦國際性研討會，對於學術交流與專業技術而言，都是難得的溝通與交流機會，本次研討會因為是跨國性質，委員會組成包括十個國家，並有中東與印度、南非等國家的學者參與，可以同時看到已開發國家與第三世界國家的學術單位介紹其研究領域與技術發展，對於彼此觀念的溝通與價值觀的調整可以激發雙方很大的火花，值得未來本校籌備國際性研討會的參考，可考量將邀請的國家拓展至更多的國家甚至跨領域組織，讓不同專業背景的人有對話的平台。</p> <p>五、攜回資料名稱及內容 大會在會後將會把研討會論文燒成光碟，可以得到與會者的所有論文資料，另外大會場地有許多攤位，介紹各國新近研發的水資源處理技術與設備，因此主要的攜回資料為這些會議資料，將置放研究室供老師同學們參考。</p> <p>六、其他 本次研討會探討的議題非常的多，讓個人增長許多見識，感謝國科會鼓勵老師們踴躍參加這種國際性盛會，並提供經費補助，有助於擴大老師們研究的視野。</p>			

無研發成果推廣資料

98 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：98-2410-H-216-019-					
計畫名稱：不同流速與群聚模式之植生抗流機制研究							
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	0	0	100%	篇	1. 陳湘媛、林鎮洋、張育崧(2009)不同流速與群聚模式之植生抗流機制研究。2009 第十八屆水利工程研討會。 2. 林鎮洋、陳湘媛、邱俊文(2009)實驗水道中土壤沖刷反應研究。2009 第十八屆水利工程研討會。
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	2	2	100%		
		專書	1	1	50%		
	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	1	1	100%	人次	張育崧 2009 族群植生之抗流研究 中華大學景觀建築研究所碩士論文
		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	70%	篇	1. Shiang-Yuarn Chen, Jen-Yang Lin (2010, in reviewing) Flow resistance adaptation of aquatic macrophytes under different flow velocities. Environmental engineering science. (SCI).
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		1. Shiang-Yuarn, Jen-Yang Lin (2010) Morphological adaptation of aquatic macrophytes in response to different flow velocities, 5th International Conference on Environmental Science and Technology, ICEST 2010.
		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>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	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）

（1）在生態方面的貢獻：鑑於生態研究工作需時較長，從文獻回顧發現，不論是國外或國內的相關文獻均少見針對植生抗流反應的實證研究，因此本研究計畫應屬先趨性研究，研究期間深得國外來台參訪學者 UC Davis 的 Professor Berry 之肯定，確信是有研究價值的計畫。

（2）在工程方面的貢獻：由於缺乏本土性動植物生態的長期調查資料，土木工程師只能依常識判斷或根據生態學者的短期環境調查資料進行設計，至於工程設計與施工的成敗則以植被生長速度或綠覆速度為判斷依據，卻無法證明其在生態上的價值與意義，因此本計畫做為一項基礎研究，希望結合工程與生態的知識，以科學的實驗方法，找出水生植物對抗水流的生理反應機制，以及其抗流特性與耐度，有助於釐清長期存在於工程與生態學界間的質疑，也可更確定植物在河川環境穩定作用上的角色與功能。

（3）研究成果可應用於河川景觀復育工程，可避免未來不當的設計與整治行為，對整治工程亦有一定的參考價值，可避免人力與物力之浪費。

（4）從植物的抗流能力進一步導正公私部門在河川實質環境方面的經營理念與策略，可建立其正確之價值觀與環境經營理念。