

計畫編號：SWCB-110-034

**植生滯留槽應用於菜圃對於農村景觀優化
與水源保育提升**
**Bio-retention used in farms for improving
rural landscaping as well as water
conservation and quality.**
（成果報告書）

執行單位：逢甲大學 永續集水區保育研究中心

執行期間：110 年 01 月 27 日至 110 年 12 月 31 日

計畫主持人：許少華 永續集水區保育研究中心主任/教授

共同主持人：張富銘 大葉大學消防安全學士學位學程專案助理教授

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 110 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

植生滯留槽應用於菜圃對於農村景觀優化與水源保育 提升

摘要

山坡地之土地利用型態多以農地及林地為主，而農地常因過度施灑肥料、農藥，長期累積地表之營養物易因初期暴雨沖刷入鄰近河川，進而影響河川水質。於農耕地規劃植生滯留槽等降低非點源污染之低衝擊開發（Low Impact Development, LID）措施，運用農地排水將初期暴雨逕流匯集至植生滯留槽等 LID 設施內滯留，透過沉降、過濾及吸附等作用，減少外流至農地外溝渠逕流量及污染物濃度。

本研究計畫所設置之植生滯留槽即符合此概念，除了可以達到逕流蒐集過濾之功能外，其增加逕流入滲之效果亦符合水土保育之精神。本計畫所推廣之植生滯留槽係藉由在水源保育源頭，即處理小區域範圍因農耕或其他行為所產生的非點源污染，並考量就地取材與有機堆肥推廣，於植生滯留槽頂部作其改良，搭配景觀或其他合適植物以達美觀效果。

本研究利用既有農地辦理 LID 植生滯留槽菜圃示範規劃，期透過執行非點源污染改善示範計畫，驗證 LID 植生滯留槽菜圃措施於農地排水之水質水量改善成效，達成水文調節、水質改善、生態景觀

營造等多功能目標，並作為社區後續推廣 LID 植生滯留槽設施設置之基礎，並落實污染現地處理化。

目前已完成桶頭社區後方菜圃施設植生滯留槽，利用其有機堆肥之資材混和在表層培養土增加植栽養分，並搭配 4 種灌木植栽作其景觀美化，搭配菜籽播種，持續維護及基本澆灌使其植物生長順利；未來待其設施穩定後，持續觀察天氣，帶其降雨事情足以產生直接逕流時前往採集水質樣本，後加以分析其成果並討論其效益。

關鍵詞：植生滯留槽、低衝擊開發、非點源污染、水質改善

Bio-retention used in farms for improving rural landscaping as well as water conservation and quality.

Abstract

The land use of hillside land is mostly agricultural land and woodland. However, agricultural land is often over-sprinkled with fertilizers and pesticides, and long-term accumulation of nutrients on the surface is easy to wash away into rivers due to initial rainstorms, which affects the water quality of the rivers. In this study, low impact development (LID) measures were set up to reduce non-point source pollution such as bio-retention on farmland. One measure is planning the farmland drainage in the watershed, which collects runoff of the first flush rainfall and passes through grass ditch and LID facilities before entering drainage system into reservoir. Through the effects of sedimentation, filtration, adsorption, bio-degradation, and uptake by vegetation that reduces the concentration of pollutants of runoff outflowing to outside of the agricultural trenches.

The bio-retention cell in this project conforms to this concept. In addition to achieving the function of runoff collection and filtration, the effect of increasing runoff infiltration is also conforming to the spirit of water and soil conservation. The bio-retention promoted in this project is to treat the non-point source pollution caused by farming or other activities in a small area at the source of water conservation and take into

account the local material and organic compost promotion, which is placed on the top of the bio-retention. Make its improvement, match landscape or other suitable plants to achieve a beautiful effect.

This study uses the existing farmland to implement the LID bio-retention cell demonstration plan. Through the implementation of the non-point source pollution reduction demonstration plan, it will verify the effectiveness of the LID bio-retention measures in improving the water quality of farmland drainage, and achieve hydrological regulation, water quality improvement, ecological landscape construction, and other multi-functional goals are used as the basis for the subsequent promotion of the establishment of LID bio-retention facilities in the community, and the implementation of pollution treatment on-site.

At present, this study has completed the bio-retention in the rear farm of Tongtuo community, using its organic compost materials and mixing the surface culture soil to increase planting nutrients, and matching 4 kinds of shrubs for landscaping and some vegetable seeds, continuous maintenance, and basic watering makes the plants grow smoothly. In the future, after the facilities becomes stable, it is necessary to continue observe the weather and collect water samples when rainfall is enough to produce direct runoff, and then analyze the data of water quality improvement and discuss its benefits.

Keywords: Bio-retention, low impact development (LID), non-point source pollution, water quality improvement

目錄

摘要.....	III
Abstract.....	V
目錄.....	VII
表目錄.....	VIII
圖目錄.....	IX
第一章 緒論	1-1
第一節 研究緣起	1-1
第二節 研究動機與目的	1-1
第三節 預計成果	1-2
第二章 工作執行方法與步驟	2-1
第一節 工作執行方法	2-1
第二節 工作執行步驟	2-22
第三章 工作進度	3-1
第一節 計畫甘特圖	3-1
第二節 計畫交付項目	3-2
第四章 結論及建議	4-1
第一節 結論	4-1
第二節 建議	4-2
參考文獻.....	參-1
附錄.....	附-1
附錄一、研提計畫書意見暨回覆辦理情形	附-1
附錄二、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形	附-7
附錄三、期中書面審查紀錄暨回覆辦理情形	附-13
附錄四、期中報告書(修正本)書面審查紀錄暨回覆辦理情形	附-18

表目錄

表 2-1	嘉義氣象站氣候資料統計表.....	2-8
表 3-1	本研究期程規劃甘特一覽表.....	3-2
表 3-2	本研究第一次水質採樣分析成果表.....	3-5
表 3-3	本研究第二次水質採樣分析成果表.....	3-5
表 3-4	本研究第三次水質採樣分析成果表.....	3-5
表 3-5	本研究三次清水採樣之懸浮固體濃度削減率一覽表.....	3-7
表 3-6	本研究三次肥料水採樣之懸浮固體濃度削減率一覽表.....	3-8
表 3-7	本研究三次清水採樣之總磷削減率一覽表.....	3-9
表 3-8	本研究三次肥料水採樣之總磷削減率一覽表.....	3-10

圖目錄

圖 2-1	研究流程圖	2-1
圖 2-2	濱水區植生緩衝帶配置圖	2-3
圖 2-3	植生滯留槽設計圖	2-3
圖 2-4	鯉魚堀溪 LID/BMP 措施示範場址位置及設置實境圖	2-6
圖 2-5	北勢溪 LID/BMP 措施示範場址位置及設置實境圖	2-6
圖 2-6	桶頭社區活動中心後方菜園	2-7
圖 2-7	景觀評估模式圖	2-9
圖 2-8	有機堆肥照片	2-11
圖 2-9	有機堆肥完成之照片	2-11
圖 2-10	植生滯留槽剖面設計圖	2-16
圖 2-11	逕流進入植生滯留槽前後水質樣品	2-18
圖 2-12	植生滯留槽 1-A 之總磷分析削減成果圖(範例)	2-19
圖 2-13	植生滯留槽 1-A 之懸浮固體分析削減成果圖(範例)	2-19
圖 2-14	LID 植生滯留槽菜園場址設置以及時程規劃流程圖	2-22
圖 2-15	本研究預備施設植生滯留槽平面位置圖	2-23
圖 2-16	本研究預備施設植生滯留槽菜園現場照片	2-23
圖 2-17	菜園地形套繪圖	2-25
圖 2-18	植生滯留槽完工圖(2021.09.14 拍攝，當天雨天)	2-25
圖 2-19	有機堆肥照片	2-27
圖 2-20	堆肥翻製(兩周後)照片	2-27
圖 2-21	植生滯留槽種植植栽照片(2021.09.14 拍攝，當天雨天)	2-28
圖 3-1	本研究植栽生長情況照片(2021.11.05 拍攝)	3-3
圖 3-2	本研究選用之肥料種類照片	3-4
圖 3-3	本研究水質採樣檢測之照片(2021.11.05 拍攝)	3-6

圖 3-4	清水之懸浮固體濃度削減成果圖	3-7
圖 3-5	肥料水之懸浮固體濃度削減成果圖	3-8
圖 3-6	清水之總磷削減成果圖	3-9
圖 3-7	肥料水之總磷削減成果圖	3-10

第一章 緒論

第一節 研究緣起

山坡地之土地利用型態多以農地及林地為主，而農地常因過度施灑肥料、農藥，長期累積地表之營養物易因初期暴雨沖刷入鄰近河川，進而影響河川水質。過去許多主管機關積極進行水體水質改善措施，針對可能影響水質狀況研擬非點源改善策略，建議可於農耕地規劃草溝、植生緩衝帶、植生滯留槽等降低非點源污染之低衝擊開發（Low Impact Development, LID）措施，運用農地排水路規劃，將因初期暴雨逕流匯集至草溝、植生滯留槽等 LID 設施內滯留，透過沉降、過濾及吸附等作用，減少外流至農地外溝渠逕流量及污染物濃度，除彌補因土地開發而改變之水文機制，亦可減少因初期暴雨逕流產生之非點源污染。

第二節 研究動機與目的

一般水土保持農藝方法(也就是坡地耕作方法)，功用在加強土壤抗蝕條件，增加水分滲入土壤，為作物蓄水。一般水保局於山坡地排水設計時經常使用之草溝也恰巧屬於 LID 非點源污染處理設施種類之一，而 LID(Low Impact Development,低衝擊開發)概念為在已開發或即將開發之時納入降低開發所造成的水文衝擊之工法，本研究計畫中提到之植生滯留槽即符合此概念，除了可以達到逕流蒐集過濾之功能外，其增加逕流入滲之效果亦符合水土保持之精神。本計畫所推廣之植生滯留槽係藉由在水源保育源頭，即處理小區域範圍因農耕或其他行為所產生的非點源污染，並考量就地取材與有機堆肥推廣，於植生滯留槽頂部作其改良，搭配景觀或其他合適植物已達美觀效果。其

植生滯留槽亦符合其增加水分入滲土壤之小型滯洪、貯流之效果，又進一步達成過濾、優化水質之效果。

本研究利用既有農地辦理 LID 植生滯留槽菜圃示範規劃，期透過執行非點源污染改善示範計畫，驗證 LID 植生滯留槽菜圃措施於農地排水之水質水量改善成效，達成水文調節、水質改善、生態景觀營造等多功能目標，並作為社區後續推廣 LID 植生滯留槽設施設置之基礎，並落實污染現地處理化。

第三節 預計成果

- (一) 利用有機堆肥達到就地取材、廢物利用，使得植生滯留槽得以改造。
- (二) 將植生滯留槽與菜圃結合，增加設置便利性與實用性，更有利於推廣。
- (三) 景觀美化植栽與原種植蔬菜同步種於菜園，兼具原經濟效益及景觀美化。
- (四) 利用水質檢測分析植生滯留槽對於雨水逕流過濾之效果。

第二章 工作執行方法與步驟

第一節 工作執行方法

本研究分為 4 個部分，詳見圖 2-1 所示，包含文獻資料蒐集、菜園堆肥規劃與施作、菜園改造規劃與施作、以及後續相關植生滯留槽菜圃過濾效果監測與分析等。

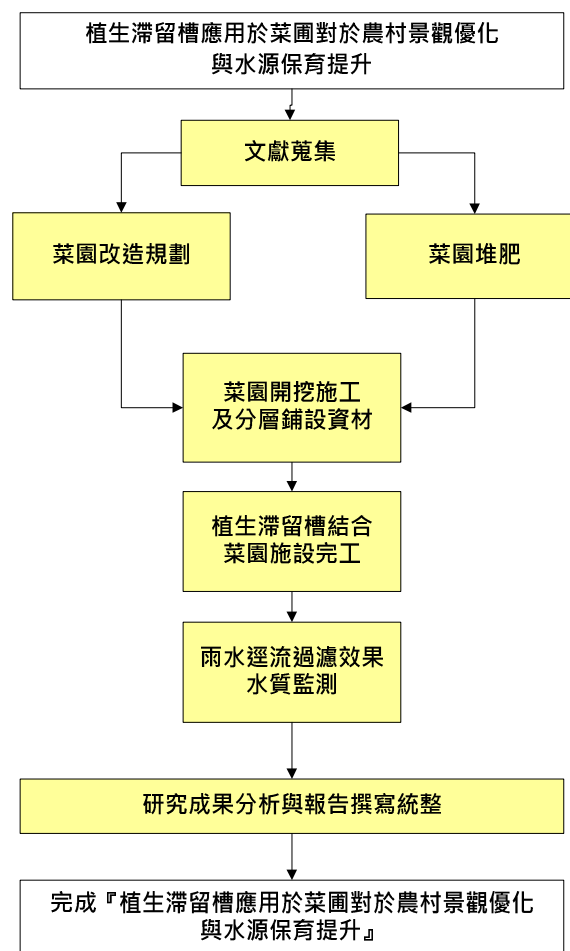


圖 2-1 研究流程圖

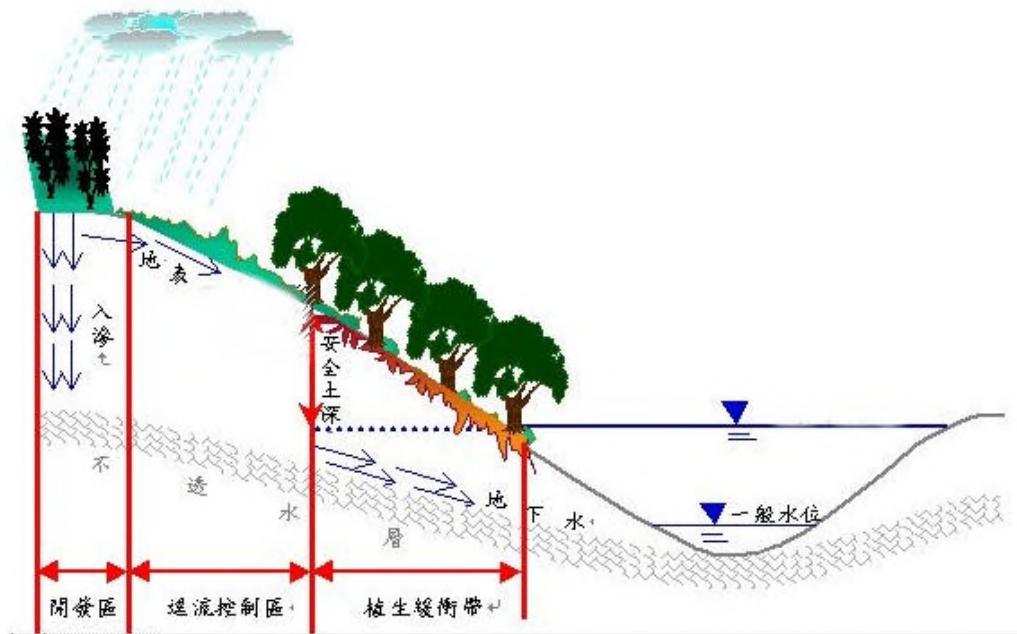
一、文獻回顧

LID 設施種類甚多，其中包括有入滲池、地下入滲床、入滲溝、雨花園、過濾設施、植生溝、緩衝帶、植生過濾帶/植生滯留槽、入滲堤、人工溼式滯留池、乾式滯留池及水岸緩衝帶等，可以照不同目的以及現場情況選擇適合之工法。

植物性污染控制設施（Vegetated Systems）：例如植物緩衝帶（Vegetative Buffer Strip, VBS）(剖面圖詳圖 2-2 所示)，草帶（Grass Strip），草溝（Swales）等。利用原生植物控制雨水逕流，主要設計之考量為需將雨水逕流以很薄之片流（Sheet Flow）流過植生，由於流過速度緩慢，因此植生對水中的沉質有攔截作用，同時水中的營養鹽可被植物利用而達到去除的效果，並可將各種植物控制設施融合於地景中，以增進景觀方面之價值。使用限制是坡度不可太大，以免流速太快減低其效率。植物以土生或適於本地生長之草為主，雨水逕流以很薄之片流流過草帶，流過速度緩慢，因此草地對水中的沉積物有攔截作用，營養鹽可被植物利用而達到去除的效果。

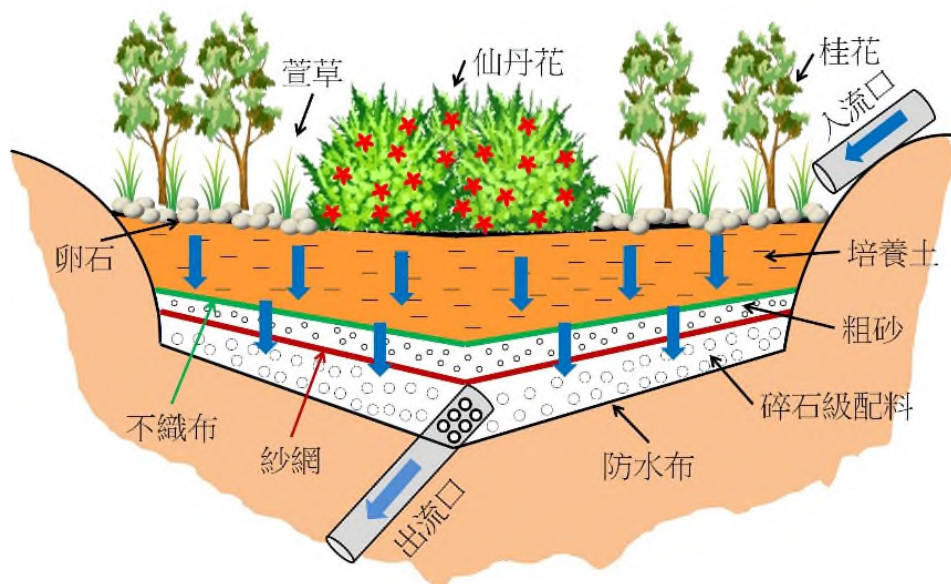
植生滯留槽設施種類繁多，其中植生滯留槽(bioretention cell)(剖面圖詳見圖 2-3 所示)又稱之為雨花園(rain garden)，是一種結合物理性、化學與生物性過濾的暴雨逕流收集污染削減之 LID 設施。傳統對植生滯留槽的看法，以小面積、小區塊形式設計為小型貯留設施，常見於設施停車、道路分隔島或易積水之區域，主要功效為衰減或處理暴雨逕流量，兼具美化環境之功效；植生滯留槽並非只有貯留功能，其亦具過濾淨水質的功效，道路產生逕流時，逕流水可以直接入植滯留槽中貯留並降低尖峰量，而道路經流水中皆附有許多污染物，當逕流水進入植生滯留槽過濾設施後，設施內部之材料亦會對水體中

污染物進行削減、降低水中污染濃度。



資料來源：內政部營建署(2004)「七家灣溪濱水區植生緩衝帶配置之研究」。

圖 2-2 濱水區植生緩衝帶配置圖



資料來源：行政院環保署(2017)「106 年北區水庫水質永續管理計畫」。

圖 2-3 植生滯留槽設計圖

水利署中區水資源局積極進行水庫之水體優養化防範措施，運用農地排水路規劃，將初期暴雨逕流匯集至草溝等 LID 設施內滯留，透過沉降、過濾、吸附、微生物降解、及植物吸收等作用，減少外流至農地外溝渠逕流中之污染物濃度。水利署中區水資源局(2020)「湖山水庫集水區非點源污染熱點調查及 LID 現地處理設施之設置與成效評估」計畫調查之非點源污染定義為由農作行為下所產生之污染(農藥、肥料等)，首先利用土地利用圖資套繪篩選出農業用地，依據河川水系往左右兩岸各延伸 200m 之範圍設定為距離水體較接近範圍，並以用地面積有達 0.5 公頃以上為目標；農業用地是否有對應作物(以有施肥行為者為優選)、地形條件(坡度太陡不適合)等因素初步篩選出之 14 個污染熱點。

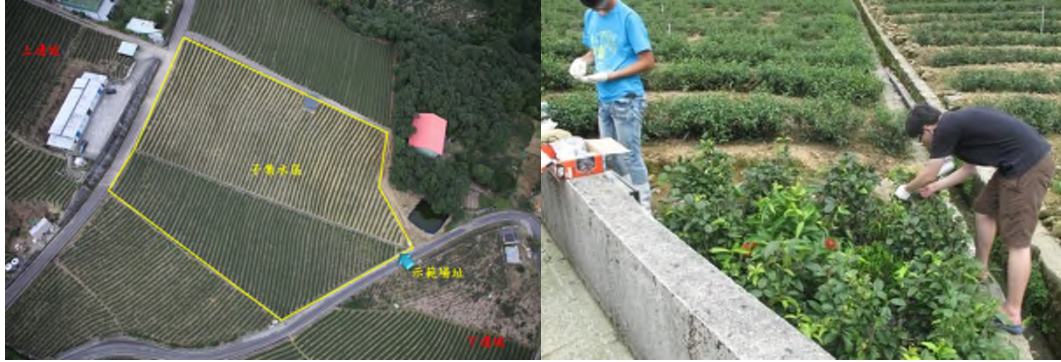
再依據熱區篩選與現場調查後，於湖山水庫庫區內設置 LID 示範場址(1-A、1-B 等 2 址)。1-A 子集水區面積為 0.45 公頃，所推估之植生滯留槽設計體積須為 6.75m^3 ；現地設置尺寸為 $3\text{m}(\text{長})\times 2.5\text{m}(\text{寬})\times 1\text{m}(\text{深})$ ，體積為 7.5m^3 。1-B 子集水區面積為 0.38 公頃，植生滯留槽設計體積須為 5.7m^3 ，現地設置尺寸 $6\text{m}(\text{長})\times 1\text{m}(\text{寬})\times 1\text{m}(\text{深})$ ，體積 6m^3 。兩址之植生滯留槽於 108 年 12 月完成設置。

計畫採集到三次降雨事件，分別為 109 年 5 月 22 日、5 月 26 日、7 月 28 日等，其日雨量介於 39~48mm 間，植生滯留槽之入流、出流皆能採集到水量並能量測流量時開始監測，植生滯留槽 1-A 與 1-B 之入流及出流皆採集 $t=0\text{hr}$ 、 $t=0.5\text{hr}$ 、 $t=1.5\text{hr}$ 等三個時間點，以利得知降雨逕流濃度隨降雨時間之變化。

本計畫所設置之植生滯留槽 1-B 入流前搭配草溝，因流量率定點

與水質採樣點皆訂於草溝之後進入植生滯留槽前，故採樣及現場之因素未能分析出前段草溝之削減效益，根據水質分析成果可得知植生滯留槽 1-B 總磷之入流濃度可看出濃度相較於植生滯留槽 1-A 低，可以判斷草溝對於營養鹽/總磷之削減效果是有助益的。比較總磷 TP 與懸浮固體 SS 之關聯性，可看出 TP 入流濃度上升時，SS 入流濃度並未呈現正相關性的增加；反之，TP 入流濃度相較較低時，SS 入流濃度也未有正相關性的濃度較低，此項數據成果也可合理推測湖山水庫植生滯留槽 TP 入流濃度的控制因子為溶解性磷，吸附於土壤顆粒之磷比例應屬低。由植生滯留槽 1-A 與 1-B 場址之懸浮固體 SS 削減率達 71.3~99.6%，其平均削減率介於 87.1~95.6%，考量維持水庫庫容之因素，以及水庫優養化指標中透明度之削減具有直接的效果，水庫集水區設置植生滯留槽顯然具有優化水質之成效

參考「106 年北區水庫水質永續管理計畫」中針對目前國內對於集水區之非點源污染削減處理措施，多以植生滯留槽居多，例如翡翠水庫上游之坪林區（共 9 座）（如圖 2-4 及圖 2-5 所示），主要處理茶園非點源污染，而石門水庫上游之復興區（共 2 座），則以水蜜桃園非點源污染削減為主，據坪林區植生滯留槽多年的監測結果發現，於 104 年度採得五場有效降雨，發現該植生滯留槽對於 COD 的削減率為 26.8%~67.6%，平均值為 44.2%；氨氮（NH₃-N）削減率為 49.7%~96.7%，平均值為 68.7%；總磷（TP）削減率自 55.4%~76.0%，平均值為 67.6%；懸浮固體（SS）削減率為 36.6%~82.0%，平均值為 70.1%；磷酸鹽（PO₄）削減率為 24.3%~75.3%，平均值為 55.2%，其水質淨化成效表現穩定且維護管理佳，無論規劃與執行上，過去已有許多場址經驗可供參考。



資料來源：行政院環保署(2017)「106 年北區水庫水質永續管理計畫」。

圖 2-4 鱸魚堀溪 LID/BMP 措施示範場址位置及設置實境圖



資料來源：行政院環保署(2017)「106 年北區水庫水質永續管理計畫」。

圖 2-5 北勢溪 LID/BMP 措施示範場址位置及設置實境圖

二、現場調查

為尋求與地方民間團體有所合作，本研究探訪桶頭攔河堰上游集水區附近社區，與桶頭里里長與社區發展協會有著相同共識，並根據土地取得及相關意願等因素考量，擇定與桶頭社區發展協會合作，並選定於桶頭活動中心後方菜園進行相關研究與實驗(詳見圖 2-6 照片所示)，其土地屬於公有設施，經里長授權，未來可作為示範場址並提供民眾觀摩與推廣之處。



圖 2-6 桶頭社區活動中心後方菜圃

桶頭社區鄰近中央氣象局測候站之嘉義氣象站，蒐集長時間之氣候資料統計詳如表 2- 1 所示。平均氣溫約 23.1℃，其中以 7 月份之月平均氣溫為最高，達 28.2℃，1 月份之平均氣溫為最低，僅 19.4℃。於民國 70 年至民國 109 年間，平均年總降雨量為 1,774.3mm，平均最大降雨量出現在 8 月份，達 380.2mm，而 11 月份降雨量最低，僅 15.2mm，相差懸殊；此外，每年 4 月至 9 月，由於西南季風盛行，雨量較多，加上氣候炎熱對流作用旺盛，易生雷雨，加上 8、9 月間颱風侵襲挾帶大量豪雨，因此 4~9 月間平均降雨量合計約 1,565mm，約佔全年總降雨量之 88.2%。另由資料顯示平均年總降雨日數(日降雨量 $\geq 0.1\text{mm}$)為 102.7 日，主要分佈在 4~9 月間。

表 2-1 嘉義氣象站氣候資料統計表

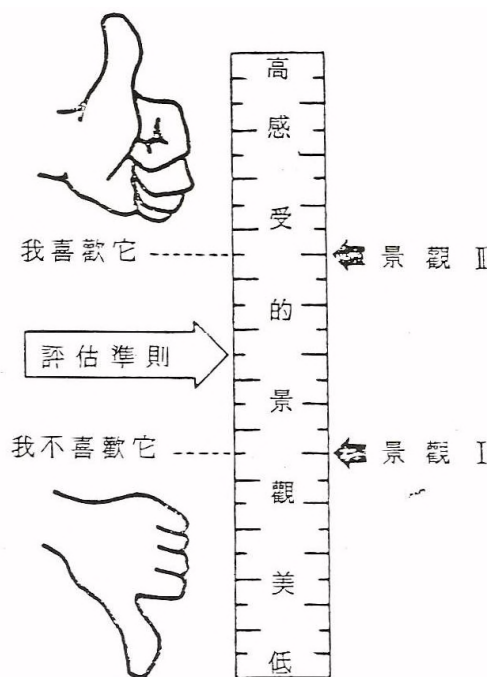
月份	降雨量 (mm)	氣溫(°C)			相對 溼度 (%)	風速 (m/s)	氣壓 (hpa)	日照 時數 (hr)	降雨 天數 (天)
		最高	最低	平均					
1	23.6	22.1	12.5	16.5	79.0	2.6	1015.7	165.1	4.9
2	57.4	22.4	13.8	17.3	81.5	2.6	1014.4	134.2	6.5
3	63.4	24.8	15.9	19.7	81.5	2.4	1012.4	151.3	7.7
4	103.0	27.8	19.2	23.0	82.2	2.1	1009.6	150.4	9.2
5	176.2	30.5	22.1	25.8	82.0	2.1	1006.4	172.6	10.1
6	314.0	32.3	24.3	27.8	79.6	2.4	1004.0	181.0	13.7
7	369.9	33.1	25.2	28.6	78.7	2.5	1003.5	214.2	14.4
8	380.2	32.6	24.9	28.2	81.5	2.3	1002.6	192.5	17.0
9	222.6	31.6	23.7	27.0	82.6	2.0	1005.2	181.2	10.4
10	27.5	29.8	20.9	24.5	81.4	1.9	1009.4	189.7	2.6
11	15.2	27.1	17.3	21.3	79.6	2.1	1012.7	163.6	2.8
12	21.3	23.9	13.2	17.7	77.5	2.3	1015.5	170.9	3.4
平均	-	28.2	19.4	23.1	80.6	2.3	1009.3	-	-
合計	1774.3	-	-	-	-			2066.7	102.7

資料來源：中央氣象局(統計期間：1981~2020 年) 網站。

三、景觀優化評估方法

Daniel 與 Boster (1976)提出了 SBE 法(scenic beauty estimation method)，其為對自然環境可知覺之景觀美質，進行量化的評估方法，且其信度與效度均相當高。一般人對景觀之美醜評估準則不同(圖 2-7)，而 SBE 法最特殊之處，乃於藉統計方法將各評估者的評值予以標準化，以解決各評估者因不同的評估尺標基準所可能產生的差異 (Brown and Daniel，1990)。

故本研究預計採取地方民眾對於植生滯留槽表層植栽之看法，藉由統計民眾對於菜園中所種植之蔬菜和景觀植物如何搭配為最佳方案，此做法也有助於民眾對於設施之認識與認同度。



資料來源：Daniel & Boster，1976，李麗雪譯。

圖 2-7 景觀評估模式圖

四、菜園有機堆肥規劃與施作

大量產生的農業及畜產廢棄物，如不能適當處理，不但佔用空間，又影響環境衛生；若任其棄置或焚燒處理，則又有可能造成水質、土壤與空氣等的二次污染。將這些廢棄物中尚有利用價值的有機資材經堆肥化後回歸農田土壤，不但可以解決廢棄物問題，而且可以增進地力。

在堆肥化過程中，有機碳被微生物呼吸代謝因而降低碳氮比，所產生的熱可使堆肥溫度達到攝氏 70 度以上，能殺滅病菌、蟲卵及雜草種子。大部分有機資材若直接施入土壤中，分解時會產生有毒物質，並會消耗氧氣，造成土壤還原狀態；若將碳氮比大的堆肥材料直接施用於土壤中，在分解初期會造成土壤中某些養分有效性暫時下降，尤其是氮素影響最大；這些資材經腐熟後再施用，可減少有害因素，避免抑制作物生長。另外一方面，有些堆肥資材纖維強韌，經過堆積後較鬆軟；有些具有強烈的臭味，製成堆肥後不但沒有臭味而且具有泥土的芳香。有機堆肥之實際操作方法範例詳見圖 2-8 所示，其堆肥之成果範例(圖 2-9 所示)將作為植生滯留槽之資材。



圖 2-8 有機堆肥照片



圖 2-9 有機堆肥完成之照片

五、植生滯留槽菜園規劃與施作

為能使示範場域之表面逕流匯集至植生滯留槽(Bioretention Cells)，以提高示範場域整體之削減效益，此植生滯留槽應搭配集水側溝方式施作。據相關試驗之統計介析結果可知，本計畫於 LID 措施參考水文學(李光敦，2015)課本所定義之有效降雨採用 10mm 作為設計標準，可降低 80% 以上之非點源污染物濃度。

(一)植生滯留槽選址原則

針對植生 LID 措施示範場址之選定，本節歸納以下幾點原則，以供 LID 示範場址之篩選，並以下述之原則為基礎，利用衛星影像與航照圖等資料，進行內部篩選，其後再配合現場勘查、確認，並選定合適地點作為本計畫之 LID 示範場址。

1.與承受水體之距離

非點源污染潛勢區域是否靠近承受水體，越靠近者，其對於水庫之貢獻量較大，故將針對中下游接近者為優先考量。

2.坡度範圍。

設置場址坡度不宜過於陡峭亦完全平緩，以 20%~30% 較為合適。若坡度過於平緩，逕流不易產生，但若坡度過於陡峭，會使逕流量大滯留時間短，皆會使設施之效益不彰。

3.排水路匯集程度。

LID 措施應設置於排水路下游且有明顯匯集處。由於設施多為入滲型，主要是蒐集地表逕流水並使其流入槽體內，方可達到水質淨化的成效。

4.土壤沖蝕狀況。

暴雨時所產生之表土沖蝕將影響集水區內的水質變化，其量體亦影響 LID 削減洪峰流量與淨化水質的效能。因此，LID 設施設置地點，需考量集水區內土壤沖蝕程度之情況，以決定合適之示範場址。

5.地主之意願。

農民地主的配合意願程度將影響植生滯留槽之設置，因此，除了現勘作業外，需訪查地主施作之意願，並以無償配合為優先(需取得書面同意書)。若能透過當地水利會、水利署及其地方領袖等協助，則更有利於本計畫工作之推動。

(二)植生滯留槽設計原則

植生滯留槽設計原則：植生滯留槽的污染削減機制包含物理性入滲、吸附、攔阻以及槽中植生微生物的化學與生物性降解反應，設置時必須考量當地的土壤性質、場址特性與土地利用情形，設計時之注意要素包括：

- (1)坡地不陡於 4：1，（橫：直），最好是 6：1（橫：直）。
- (2)水流連續不斷或流速超過 1.5m/sec 或鬆軟土質時，宜採用乾式草溝。
- (3)排水、截水溝渠之斷面要符合排洪需要。
- (4)至少高於地下水位 0.3 到 0.6m。
- (5)窪地應有覆草以控制溢流和流速。
- (6)深度應介於 0.3 至 0.9m。

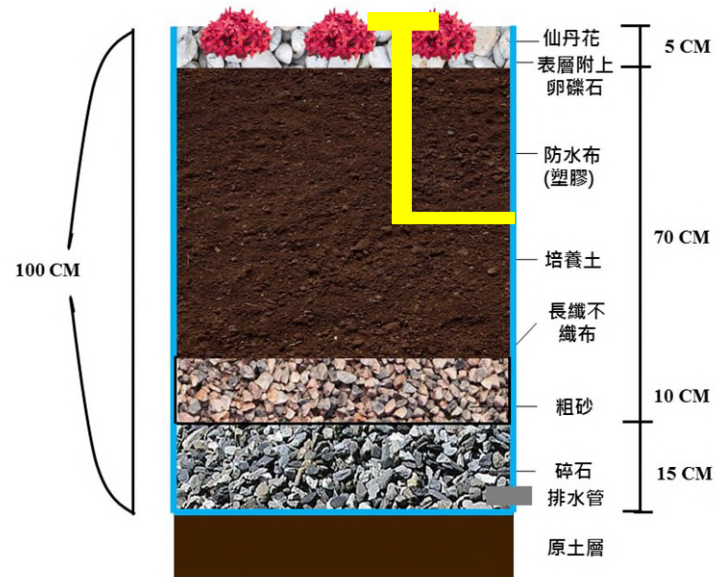
本研究以 LID 植生滯留槽作為針對農業種植行為所產生非點源污染之削減設施，其分層構造配比詳見圖 2- 10 所示。本計畫於桶頭社區活動中心後方菜圃，菜圃西北側是最低點，故作為施設植生滯留槽之點位，未來其逕流匯集效果最佳。其植生滯留槽菜圃施工步驟說明如下：

- ①.基地位置之土方挖除
- ②.清除土方中大型石塊
- ③.將底部夯實
- ④.於槽體底層鋪設防水布
- ⑤.配置 PVC 多孔出流管
- ⑥.鋪設碎石級配(15cm 厚)
- ⑦.鋪設長纖不織布防止砂石掉落此層縫隙
- ⑧.鋪設粗砂(10cm 厚)
- ⑨.鋪設長纖不織布以提供生物生長及隔絕土壤
- ⑩.鋪設有機肥料混和之培養土(70cm 厚)
- ⑪.植栽(仙丹花及蔬菜)
- ⑫.表層鋪上卵礫石

參考水利署中區水資源局(2020)「湖山水庫集水區非點源污染熱點調查及 LID 現地處理設施之設置與成效評估」評估以一個 1 m³ 植生滯留槽之槽體所需材料及其單價內容詳列於表 2- 2。

表 2-2 植生滯留槽工程費用估算分析表

工程項目	說明	單位	單價(元)	數量	總價(元)
一、主體工程					
槽體（塑膠 100*100*100）		1m ³	3,700	1.0	3,700
粗砂	粒徑：0.7mm	組	637	1.0	637
碎石級配	粒徑：10~30mm	組	783	1.0	783
卵礫石	粒徑：25.4mm	組	400	1.0	400
PVC 管	3 英吋厚管	m	137	4.0	548
槽體開孔	3 英吋	孔	60	1.0	60
耐酸接頭	3 英吋	支	500	1.0	500
接頭牙	3 英吋	支	90	1.0	90
培養土	8L/包	包	250	5.0	1,250
技工洗孔	3 英吋孔徑	人	4,500	1.0	4,500
植株		株	300	9.0	2,700
挖土機或鏟土機		式	7,500	2.0	15,000
整地		式	1,700	1.0	1,700
廢棄物處理		式	2,500	1.0	2,500
澆水		M ²	600	1.0	600
既有排水系統改善		式	1,000	1.0	1,000
小計					35,968
二、雜項工程	估 15%	全		1.00	5,395
三、品質管理作業費	估 1%	全		1.00	359
四、安全衛生及環保措施費用	估 0.5%	全		1.00	179
五、營建保險費	估 0.5%	全		1.00	179
六、包商管理費	估約 8%	全		1.00	2,964
七、營業稅	估 5%	全		1.00	1,798
每平方公尺合計					46,842



資料來源：水利署中區水資源局(2020)「湖山水庫集水區非點源污染熱點調查及LID 現地處理設施之設置與成效評估」。

圖 2- 10 植生滯留槽剖面設計圖

六、雨水逕流過濾效果與水質監測

本研究預計以實際降雨事件或已蒐集之雨水逕流作為場址過濾效果分析對象，當開始降雨則至現場待命預備採樣，採樣皆是待植生滯留槽之入流、出流皆能採集到水量並能量測流量時開始監測，以利得知降雨逕流濃之變化。

分析及探討 LID 植生滯留槽菜圃工法示範場址施作前後水質水量差異，據以評估 LID 植生滯留槽菜圃工法對示範農地於降雨逕流之實質改善成效。本研究設置後之監測成果，加以分析逕流經過 LID 植生滯留槽前後之污染削減效益。並且依據卡爾森指數中包含懸浮固體以及總磷等指標，故本計畫選擇該兩項指標為目標削減指標，採樣分析後探討是否具有削減效益。

所採集之水樣以事件平均濃度法（event mean concentration，EMC）來定義該採樣事件之污染濃度，其計算如式(1)所示，為總入流污染量除以逕流量，得到單場降雨之非點源污染濃度。

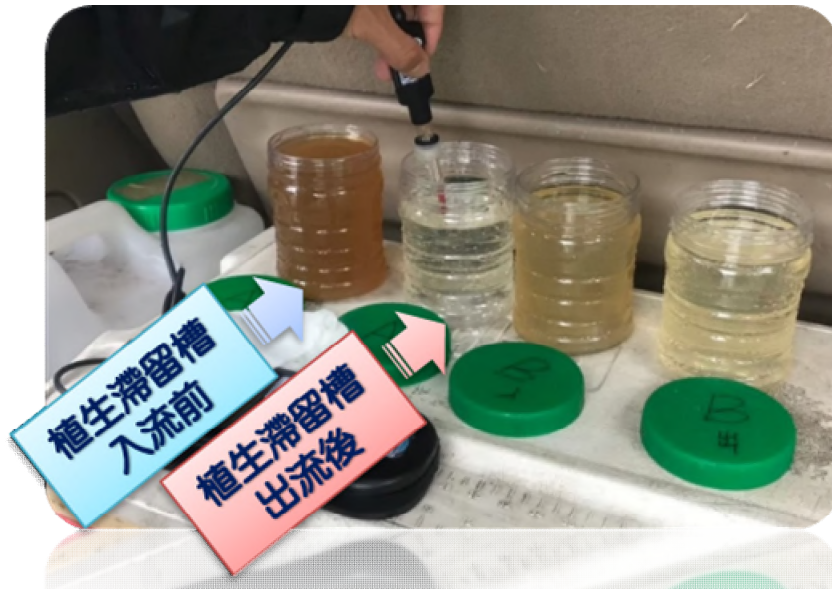
$$EMC = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i C_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (1)$$

參考水利署中區水資源局(2020)「湖山水庫集水區非點源污染熱點調查及 LID 現地處理設施之設置與成效評估」採樣結果可以看出各項營養鹽出、入流濃度差異甚大(詳見圖 2- 11 所示)。湖山水庫植生滯留槽 1-A 採得 3 場雨天採樣，由水質分析結果(詳見圖 2- 12、圖 2- 13 所示)可得知：植生滯留槽 1-A 之總磷 TP 入流濃度介於 0.55~1.29mg/L、出流濃度介於 0.07~0.46mg/L、事件平均濃度削減率介於 63.4~90.4%、整體平均濃度之削減率為 77.9%；植生滯留槽 1-A 之懸浮固體 SS 入流濃度介於 51.5~293mg/L、出流濃度介於 1~30.3mg/L、事件平均濃度削減率介於 71.3~98.8%、整體平均濃度之削減率為 87.1%。

分析水質差異之原因，若比較總磷與懸浮固體之關聯性，可看出 TP 入流濃度上升時，SS 入流濃度並未呈現正相關性的增加；反之，TP 入流濃度相較較低時，SS 入流濃度也未有正相關性的濃度較低，此項數據成果也可合理推測湖山水庫植生滯留槽 TP 入流濃度的控制因子為溶解性磷，吸附於土壤顆粒之磷比例應屬低。

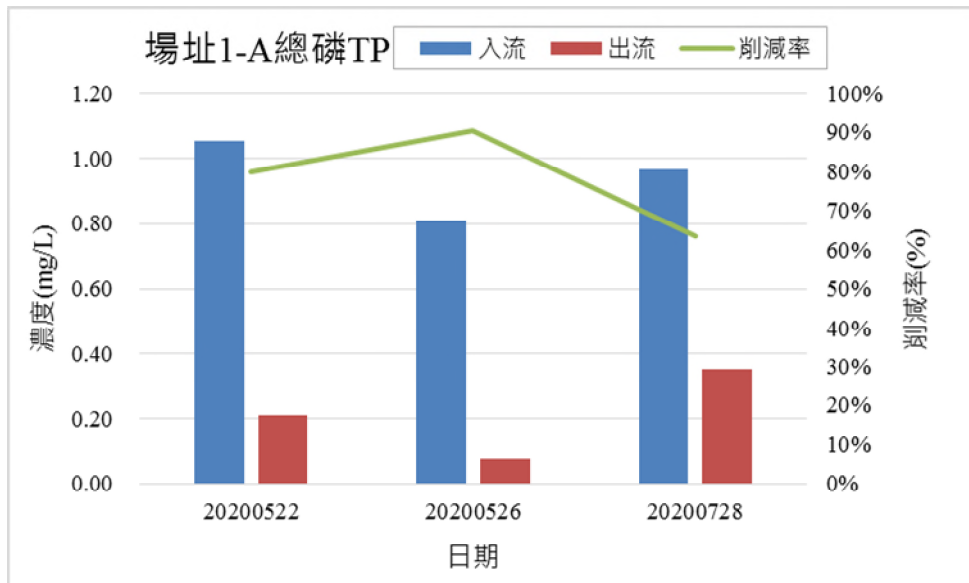
由植生滯留槽 1-A 之懸浮固體 SS 削減率達 71~100%，考量維持水庫庫容及減緩河川濁度之因素，以及水庫優養化指標中透明度之削減具有直接的效果，設置植生滯留槽具有優化水質之成效。

本計畫書中所提出之 2020 年三場降雨係為本工作團隊過去所設置之植生滯留槽於計畫執行期程中所涵蓋的採樣事件(水利署中區水資源局，2020，「湖山水庫集水區非點源污染熱點調查及 LID 現地處理設施之設置與成效評估」)，由於該計畫以三場事件成果評估效果，本研究計畫依照其成果效益分析成果可知其成效良好，植生滯留槽若能有長期間的監測資料，則可釐清其設施場址是否有隨時間遞減效益之現象。而本研究計畫希望可以盡早完成場址(預計於本年度 110 年汛期前完成)，以利能蒐採今年度的降雨事件，進而分析其效益。



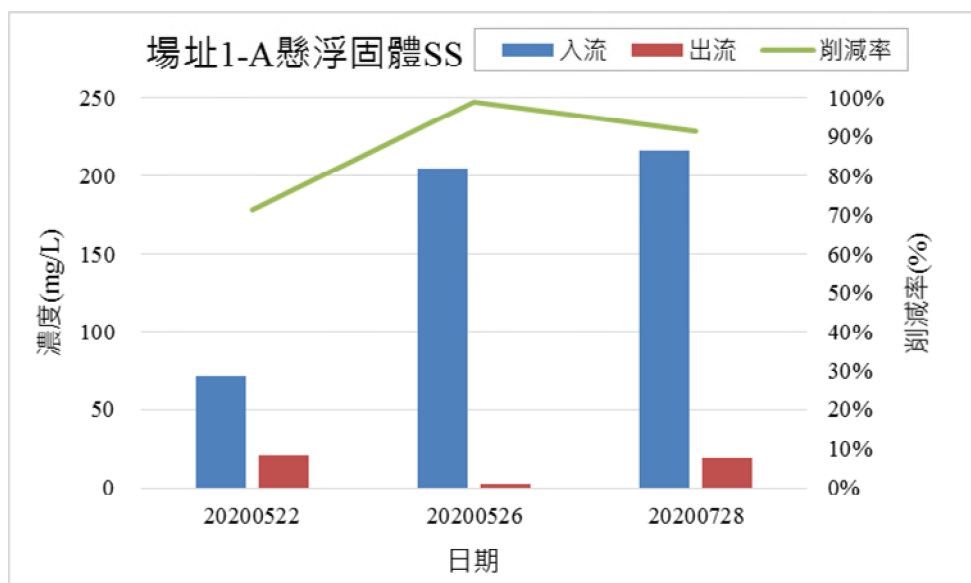
資料來源：水利署中區水資源局(2020)「湖山水庫集水區非點源污染熱點調查及 LID 現地處理設施之設置與成效評估」。

圖 2-11 逕流進入植生滯留槽前後水質樣品



資料來源：水利署中區水資源局(2020)「湖山水庫集水區非點源污染熱點調查及LID 現地處理設施之設置與成效評估」。

圖 2-12 植生滯留槽 1-A 之總磷分析削減成果圖(範例)



資料來源：水利署中區水資源局(2020)「湖山水庫集水區非點源污染熱點調查及LID 現地處理設施之設置與成效評估」。

圖 2-13 植生滯留槽 1-A 之懸浮固體分析削減成果圖(範例)

七、後續維護管理工作

提供措施建議作業方式及操作維護作業內容，包含工法建置設備、操作作業、水質監測規劃、改善效益評估方式，與操作維護作業內容及工作紀錄表等，依據示範場址水質改善成效，提出完整的 LID 設置規劃與操作營運方式建議。

(一) LID 操作維護作業

植生滯留槽設施需定期維護，以確保設施維持正常運作功能，另外有部份的設備則需定期更新，針對以下幾項進行維護：

1.入流水路

為使降雨逕流能順利流入槽體，槽體需低於周圍地表高程，以確保措施具有逕流水滯留的能力，另外需確認水路是否受到泥砂及枝葉等雜物的阻塞，應每月及暴雨過後進行整理、維護。

2.槽體表面

當槽體表面因為受到逕流水挾帶的泥砂而造成淤積時，應定期清除以維護措施功能，避免表面阻塞而無法入滲。

3.植栽生長

植栽除了具有美觀價值，最好種植壽命長不須重種或修剪的植物，且為維持植栽對於污染物的吸附與降解功能，植栽需維持正常生長，若有病害及枯死情形，應更換或修剪以維持槽體功能。

4.調配土層

在吸附污染物一段時間後，調配土層對於污染物的攔阻

效果將會降低，為維持措施運作，若措施之入滲率明顯下降，則應進行調配土層更換，原則上可以二年~三年更換一次。

5.入、出流排水管

植生滯留槽之入流管應保持順暢，必要時加上紗網阻絕枯枝落葉流入而造成阻塞，且應定期清除淤積於入流口處之垃圾及樹葉等雜物，出流管亦須注意是否阻塞而造成槽體無法排水。。

植生滯留槽的使用壽命與其維修是否確實有關，國外應用於道路非點源污染去除之植生滯留槽，在妥善的維修之下，使用超過 10 年之設施比比皆是，只要植生滯留槽內部沒有發生堵塞的現象，逕流水仍可有效入滲的情形下，均無須全面挖除重設，然若須全面挖除重設，則內部挖除的土石材料，均可以回收再利用，例如卵礫石可清洗後再回填，植生土則可以當成肥沃的培養土。

(二) 本研究 LID 示範場址後之維護管理方法

本計畫 LID 示範場址維護管理建議由地方認養(桶頭里活動中心或社區發展協會)維護。後續維護內容包含植生滯留槽之雜草整理、入流及出流口土砂淤積排除。若所有濾材與植栽壽命已至，全部更替的情況下，材料費用粗估約 10 萬(不含人力與大型機械費用)。

第二節 工作執行步驟

本研究以 LID 植生滯留槽作為針對農業種植行為所產生非點源污染之削減設施，LID 植生滯留槽菜園示範場址規劃及設置流程與施工步驟詳見圖 2-14 所示，本計畫於桶頭社區活動中心後方菜園，找到地是最低處作為示範點(詳見圖 2-15、圖 2-16)，未來其逕流匯集效果最佳。

本研究預計於今年 110 年汛期前完成施設，並把握 8-10 月汛期之降雨事件(如若今年雨季降雨情況不佳再嘗試人為操作非點源污染事件)進行監測植生滯留槽之逕流污染，進行分析污染削減效益。

台灣之水庫水質優養程度皆以卡爾森指數為評估標準，卡爾森指數中包含 SD 透明度、Chl-a 葉綠素 a、TP 總磷等三項指標，其中 SS 懸浮固體與 TP 總磷又為影響水庫水質之關鍵，本研究計畫係以此二指標作為上游水庫集水區水質改善效果為標的。

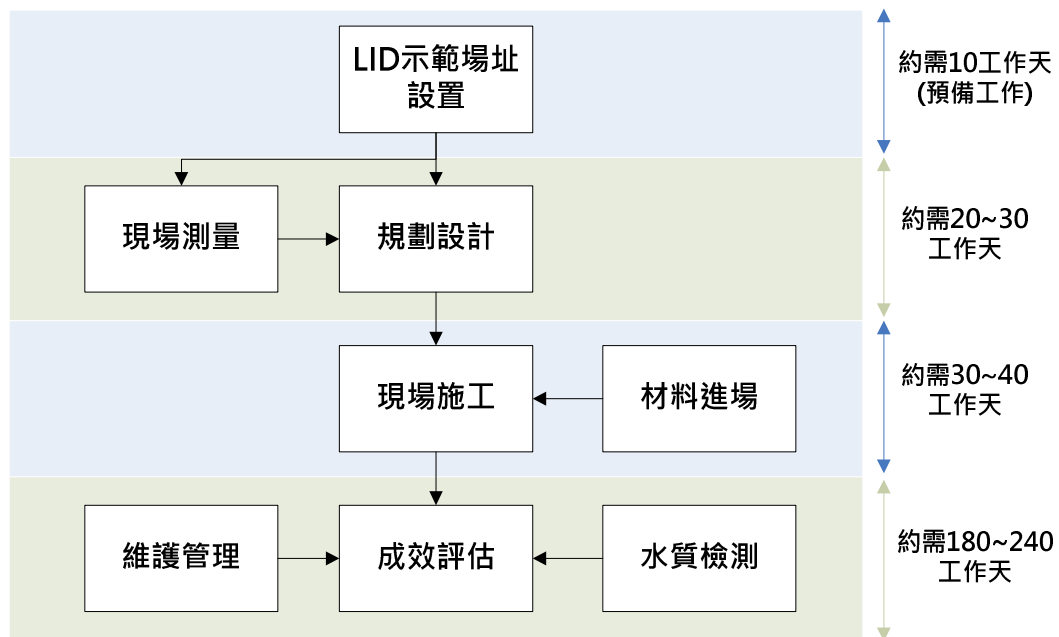


圖 2-14 LID 植生滯留槽菜園場址設置以及時程規劃流程圖



圖 2- 15 本研究預備施設植生滯留槽平面位置圖



圖 2- 16 本研究預備施設植生滯留槽菜園現場照片

一、植生滯留槽設計尺寸

本計畫於菜園進行地形測量，菜園之周圍恰有集流溝(土溝)，故其菜園範圍外之逕流因為地形關係不會進入，菜園會匯集集水範圍內之逕流於植生滯留槽設置處，得知菜園面積約為 800m^2 ，整體地勢由東南高點往西北側低點(植生滯留槽施設點)傾斜，測量圖詳見圖 2- 17 所示。

菜園集水區內為菜園與草地，其面積為 0.08 公頃，因植生滯留槽要在有直接逕流產生時才開始發揮其效益，故以每小時有效降雨 10mm 作為設計標準，利用合理化公式推估，C 逕流係數採用平坦耕地開發後整地後之逕流係數為 0.85，初步計算設計流量約為 0.002cms。根據研究，又因降雨初期（降雨前 10 分鐘）所形成的地表逕流將夾帶大部分的非點源污染(first flush 沖出)，故推算植生滯留槽設計體積最大應為 1.2m^3 。

由上述計算計算結果得知，此區域降雨初期之降雨體積為 1.2m^3 ，因此本區集水區之植生滯留槽尺寸需大於 1.2m^3 ，故本集水區植生滯留槽尺寸為 1.3m(長)x1.2m(寬)x1m(深)，體積為 1.56m^3 。考量植生滯留槽尺寸、出入流口與鄰近排水設施之高程關係，至少需有之高程差進行連接；考量植生滯留槽深度為 1m，且出流口位於滯留槽底部，故規劃以排水管連接底部出流口，將過濾之水排至原排水溝中，出流點之高程差為 0.3m 之水頭高可進行排水。場址經施工、開挖、鋪設級配層、出流管路配置、培養土鋪設與堆肥混和、植栽種植等多項工作項目執行多日，目前場址已於 110 年 9 月 14 完成施工(詳見圖 2- 18 所示)，場址需要時間及數場降雨事件使得植生滯留槽體穩定且具削減效益。

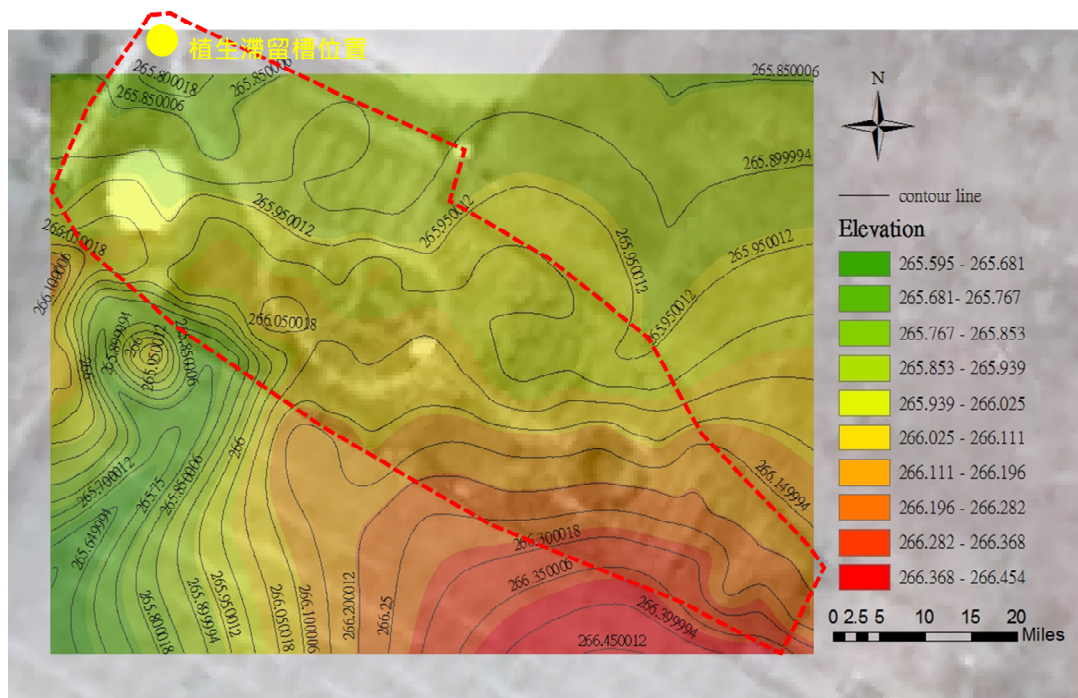


圖 2- 17 菜圃地形套繪圖



圖 2- 18 植生滯留槽完工圖(2021.09.14 拍攝，當天雨天)

二、堆肥材料

本計畫將採用落葉及雜草做堆肥化(詳見圖 2- 19 所示)，既可減少垃圾量，又可將之資源化，而且因為無發生臭味之虞，可以大量製作。將落葉製作成堆肥後回歸大地的流程，可以節省垃圾費經費。

採容器堆肥法所需空間較小，購置大桶子，並桶子底部穿鑿幾個排水孔洞，頂部有蓋子。桶子設置好後，即可開始放入落葉、刈草等物，加蓋之目的是防止桶內因大雨而積水。一般言之，可任落葉自然腐熟。取用時，需將桶倒出，取底部腐熟部份使用，未腐熟部份放回繼續腐熟。堆置肥料兩周後，翻製時發現多數落葉與雜草已腐化(詳見圖 2- 20 所示)，僅剩少數根枝較粗的草仍未腐化，繼續堆置。

利用落葉植物性材料做堆肥，常因組成成分中氮素太低，碳素(纖維)太高，所以堆肥化速度很慢，欲加速時，可混入高氮含量之材料(如豆渣、豬糞、雞糞等)。通常便當殘渣常含氮素(魚、肉、豆)，可集中埋於落葉較深處(30 公分以上)，其發生之臭味可被落葉吸收，不會外溢，如此亦可加速腐熟。

本研究堆肥量不大，故直接與植生滯留槽之培養土全面均勻混和，而培養土之資材比例詳見表 2- 3 所示。

表 2- 3 植生滯留槽培養土資材比例一覽表

材質	比例
砂質土壤	40
泥炭土	20
真珠土	20
蛭石	10
有機質	10



圖 2- 19 有機堆肥照片



圖 2- 20 堆肥翻製(兩周後)照片

三、植栽選用

藉由植物吸收槽體之污染物及水量，植栽選擇應以不需施肥、需水量不大的植物為主，並可配合草本植物叢生特性，強化懸浮物質攔阻，另外亦可以配合景觀來設計，例如仙丹花、桂花、金針花等。

本計畫於植栽選擇上，會採用農耕作物(蔬菜類種子)混和一般景觀植栽，景觀植栽會選用四種作景觀配置與適合度比較(水保建議適合植栽：長紅木、雪茄花、桂花、大王仙丹等)，除了增加視覺的豐富度外，也有增進固定維護植生滯留槽之效果(除草、養護菜苗、收成等)(詳見圖 2- 21 所示)。種植當天遇大雨，故後續仍需持續去做植栽配置調整與維護。



圖 2- 21 植生滯留槽種植植栽照片(2021.09.14 拍攝，當天雨天)

四、採樣分析

植生滯留槽施作示範場址鄰近溝渠或適當採樣點進行 1-3 場次降雨逕流採樣(視完工後所遇之降雨事件)，每場次降雨逕流至少採樣 1 次，採樣地點設定場址之進流點與出流點，檢測項目包含水溫、氫離子濃度指數、溶氧量、懸浮固體、總磷、導電度、水量(採樣時進、出流點)等項目。

本計畫水質分析方法依據行政院環保署環境檢驗所公告之 NIEA 檢測方法進行分析(中華民國行政院環境保護署環境檢驗所檢測方法查詢，2019) 符合契約規範之相關檢驗項目。

(一)水中水溫檢測方法(NIEA W217.51A)

採集足量之水樣或於現場將溫度電極置於水體中，讀取溫度讀數。

(二)水中氫離子濃度指數測定方法 (NIEA W424.53A)

利用玻璃電極及參考電極測定樣品之電位，可得知氫離子活性，而以氫離子濃度指數 (pH 值) 表示。

(三)水中溶氧檢測方法 (NIEA W455.52C)

溶氧電極法係利用選擇性薄膜讓水中之溶解氧通過，使其與液體、離子及其他干擾物質隔離，透過薄膜之分子態氧於電極陰極端還原。由於在穩定狀態下產生之電流強度正比於溶氧濃度，故由電流值可換算為水中溶解氧之濃度。

(四)水中總溶解固體及懸浮固體檢測方法 (NIEA W210.58A)

將攪拌均勻之水樣置於已知重量之蒸發皿中，移入 103-105 °C 之烘箱蒸乾至恆重，所增加之重量即為總固體重。另將攪拌均勻之水樣以一已知重量之玻璃纖維濾片過濾，濾片移入 103~105

°C烘箱中乾燥至恆重，其所增加之重量即為懸浮固體重。將總固體重減去懸浮固體重或將水樣先經玻璃纖維濾片過濾後，其濾液再依總固體檢測步驟進行，即得總溶解固體重。

(五)水中磷檢測分法(NIEA W427.53B)

水樣以硫酸、過硫酸鹽消化處理，使其中磷轉為正磷酸鹽形式存在後，再加入鉬酸銨、酒石酸銻鉀，使其與正磷酸鹽作用生成磷鉬酸，經維生素丙還元為藍色複合物鉬藍，以分光光度計於波長 880nm 處測其吸光度定量之。水樣如未經消化處理，所測得僅為正磷酸鹽之含量。

(六)水量檢測

在 LID 設施出入流點設置水量採樣點，藉由堰或水表設施，即可在現場即時量測水量，以利得知水量削減效果。

第三章 工作進度

第一節 計畫甘特圖

本研究內容包含文獻蒐集、菜園改造規劃及施工、菜園堆肥與綠美化維護、水質監測與分析等工作內容，本研究計畫執行期程自 110 年 1 月 27 日起至 110 年 12 月 31 日止，各項工作規劃期程詳見表 3-1 所示。

本計畫於計畫審核後即開始進行研究方向修改與討論，依據初步審查意見加以調整，並加以著手相關文獻蒐集與現勘。目前已完成與桶頭社區發展協會與里長溝通，且於桶頭社區活動中心後方之完成施設場址，有機堆肥也已完成，且植栽也已種植完畢，未來待場址穩定後，同步整合民眾對於場址視覺景觀接受程度，作場址的微幅調整。並持續觀察氣象變化，於降雨事件足以造成逕流之情況下，於現場作水質採樣，後續加以分析成果。

表 3-1 本研究期程規劃甘特一覽表

工作項目	110年											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
(一)文獻蒐集		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
(二)菜園改造規劃及施工			-----	-----	-----	-----	-----	-----				
(三)菜園堆肥與綠美化維護					-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
(四)水質監測與分析								-----	-----	-----	-----	
(五)工作簡報及報告之編撰印製		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
期初、期中、期末、成果報告書				●			●				●	
預定工作進度累積百分比	0.7%	5.6%	12.2%	19.5%	29.3%	39.0%	48.8%	61.0%	70.7%	80.5%	90.2%	100.0%
實際工作進度累積百分比	0.7%	5.6%	12.2%	19.5%	29.3%	39.0%	40.0%					
備註：-----預定進度 ————實際進度												

第二節 計畫交付項目

本研究提出針對植生滯留槽等各項設置後之效益或成果，詳列於後。

一、植生滯留槽植栽情況

本研究將植生滯留槽劃分為等分四區塊，其中分別種植長紅木、雪茄花、桂花、大王仙丹等水保常用之植栽，因種植後即面臨到乾季，故植栽皆屬於耐旱之作物，但適應能力較佳之作物為長紅木、雪茄花(詳見圖 3-1 所示)。

本研究種植之植栽種類多且適應情況尚屬不錯，其景觀感受度上呈現出不同季節有不同花色或葉片顏色的豐富度，另桂花則又有增添其嗅覺上清新的感受。但因採用了桂花此作物後發現，桂花之開花後掉落之花朵有造成植生滯留槽內之水中雜質增加，故建議未來植栽選

擇上，也應該適合考量落花或落葉之情況是否會增加維護困難。



圖 3-1 本研究植栽生長情況照片(2021.11.05 拍攝)

二、植生滯留槽水質檢測成果

由於植生滯留槽施設完成後，需要一段穩定時間，使其設施內之微生物圈建構以及培養土層之相關營養鹽穩定釋出，故本計畫於施設完成後恰遇乾季，故設施之穩定時間所需更長，使得採樣事件無法配合。為了蒐集數據以利分析，故設置人為加水試驗進行相關討論與比較，加水試驗中分為清水與肥料水兩種入流水進行試驗，其中肥料水的部分採用農民經常使用之開花用肥料「好順磷鉀精」，其登記成分為 3%全氮、18%水溶性磷酐、18%水溶性氧化鉀等，一般使用肥料時建議農民稀釋為 1000 倍。本研究設置三組試驗分別為第一次至第三次試驗，採用稀釋比例為 1000 倍、2000 倍、4000 倍等(數據詳見表 3-2 至表 3-4 所示)。



圖 3-2 本研究選用之肥料種類照片

表 3-2 本研究第一次水質採樣分析成果表

第一次數據	流量	水溫	pH 值	導電度	DO	SS	BOD ₅	COD	NH ₃	TP
110.11.05	cms	℃		μS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
清水入流	0.000274	27.2	6.77	274	8.54	90	5.79	0.00	0.03	0.51
清水出流	0.000115	25.6	6.05	360	5.97	40	5.61	19.00	0.12	1.48
肥料水入流	---	28.6	7.29	329	8.4	302	6.89	0.00	0.09	4.11
肥料水出流	0.000030	26.1	7.00	408	5.92	14	5.82	3.00	0.36	1.07

表 3-3 本研究第二次水質採樣分析成果表

第二次數據	流量	水溫	pH 值	導電度	DO	SS	BOD ₅	COD	NH ₃	TP
110.11.10	cms	℃		μS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
清水入流	0.000269	20.5	7.28	250	8.15	28.5	--	4.00	0.07	1.17
清水出流	0.000164	19.7	6.92	416	5.2	29.0	--	6.00	0.02	1.28
肥料水入流	---	21.1	7.39	276	8.19	207.0	--	0.00	0.69	4.11
肥料水出流	0.000043	20.0	6.94	316	6.15	6.5	--	0.00	0.01	0.90

備註：BOD₅ 需要 5 天分析時間，故其數據未能呈現。

表 3-4 本研究第三次水質採樣分析成果表

第三次數據	流量	水溫	pH 值	導電度	DO	SS	BOD ₅	COD	NH ₃	TP
110.11.12	cms	℃		μS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
清水入流	0.000263	25.0	7.26	267	8.15	176.000	--	0.00	0.23	2.72
清水出流	0.000083	25.1	6.70	349	5.63	4.500	--	8.00	0.59	2.24
肥料水入流	---	25.2	7.51	286	8.13	169.000	--	0.00	0.36	4.11
肥料水出流	0.000047	23.1	7.14	334	6.56	16.500	--	0.00	0.06	0.90

備註：BOD₅ 需要 5 天分析時間，故其數據未能呈現。

由於本研究之肥料水入流為桶裝清水加入液態肥料稀釋，故無法率定流量。由其採樣數據中，可得知多數水質檢測項目裡，經過植生滯留槽過濾後(出流水)的濃度皆介於低濃度範圍內，例如懸浮固體濃度(SS)介於 4.5~40(mg/L)、總磷(TP)介於 0.9~2.24(mg/L)等。

三、植生滯留槽污染削減效益

本研究三次採樣試驗中皆採用兩階段實驗，其中第一階段為清水試驗，開啟水龍頭後直接往植生滯留槽中入流清水，待一段時間後即在出流管中採集出流水，但由於清水中之入流營養鹽甚低，水流又經過槽體有部分發生營養鹽沖出之現象，故出流水皆有發生水質較差於入流水之現象。而第二階段則是待植生滯留槽槽體較乾後，調配好肥料水再次進行人為入流試驗，並觀察與採集出流水樣品。

當入流水均勻流入植生滯留槽槽體內，且於槽體內表面蓄留一水位高(低於 10cm)時，皆可以明顯看出入流水較出流水混濁(詳見圖 3- 3 所示)。



圖 3- 3 本研究水質採樣檢測之照片(2021.11.05 拍攝)

表 3-5 本研究三次清水採樣之懸浮固體濃度削減率一覽表

採樣日期	SS		
	入流	出流	削減率
	mg/L	mg/L	%
2021.11.05	90.00	40.00	55.6%
2021.11.10	28.50	29.00	-1.8%
2021.11.12	176.00	4.50	97.4%
平均			50.4%

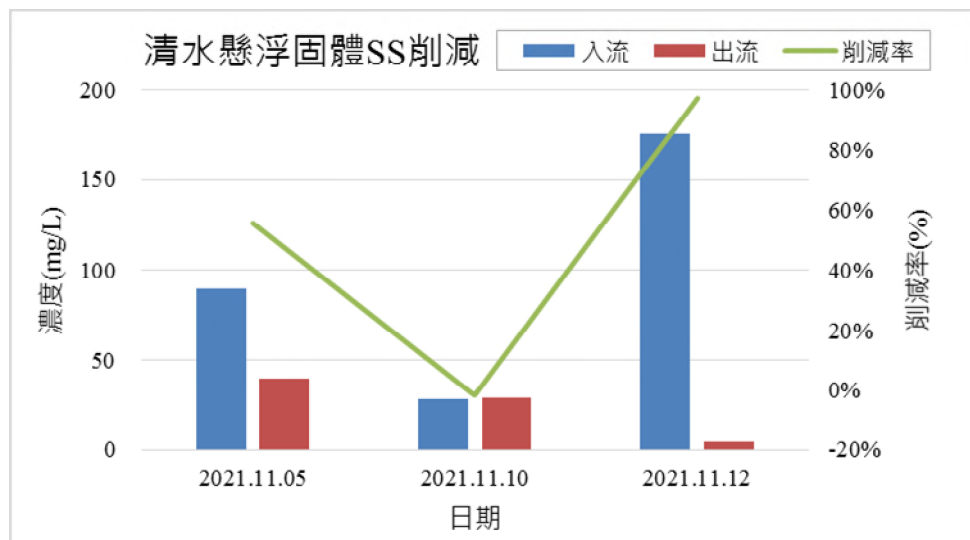


圖 3-4 清水之懸浮固體濃度削減成果圖

採其三次清水之水質樣品並分析其懸浮固體 SS 時，則可以發現清水入流時，若有在植生滯留槽槽體有擾動而產生混濁之情況下，則其懸浮固體入流濃度才會有較高於出流之現象。水流經過植生滯留槽後，水經過培養土層後會沖出部份土壤中的懸浮固體，使得偶有發生出流之懸浮固體濃度高於入流，雖然其數據成果及削減率成果有所浮動且差異蠻大的，但仍可看出於出流端之懸浮固體濃度皆差距不大，故其植生滯留槽設施對於懸浮固體濃度的輸出仍是具有穩定性(介於 29~40mg/L 間)(詳見表 3-5 及圖 3-4 所示)。

表 3-6 本研究三次肥料水採樣之懸浮固體濃度削減率一覽表

採樣日期	肥料水	SS		
		入流	出流	削減率
	稀釋倍數	mg/L	mg/L	%
2021.11.05	1000 倍	302.00	14.00	95.4%
2021.11.10	2000 倍	207.00	6.50	96.9%
2021.11.12	4000 倍	169.00	16.50	90.2%
平均				94.2%

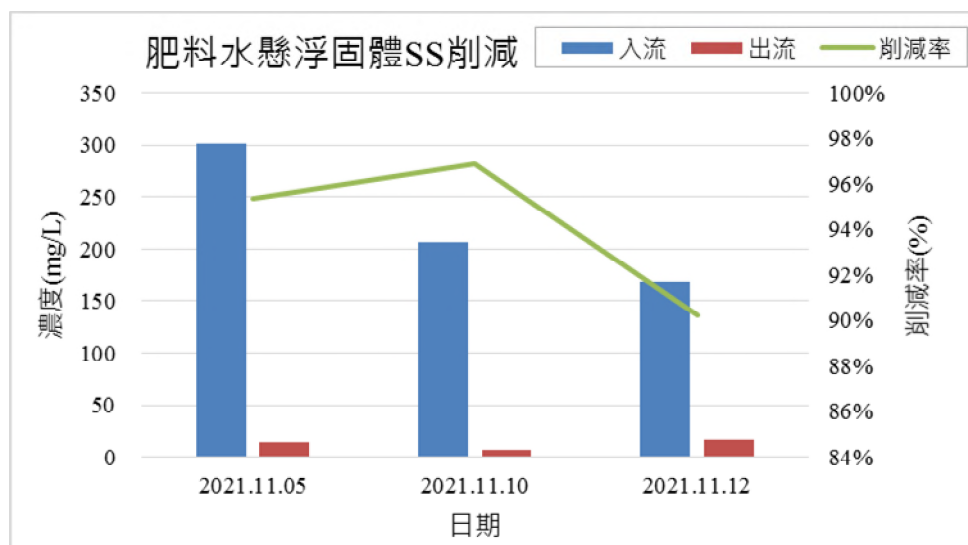


圖 3-5 肥料水之懸浮固體濃度削減成果圖

採其三次肥料水之水質樣品並分析其懸浮固體 SS 時，在植生滯留槽混和肥料水入流之均勻混濁之情況下，則其懸浮固體入流濃度皆高於出流之現象。但仍可看出於出流端之懸浮固體濃度皆差距不大，故其植生滯留槽設施對於懸浮固體濃度之削減效益是非常顯著的(介於 6.5~16.5mg/L 間)(詳見表 3-6 及圖 3-5)，而削減率即為出流減去入流濃度除上出流濃度，則可得出削減效果介於 90.2~96.9%間，平均削減率則為 94.2%。

表 3-7 本研究三次清水採樣之總磷削減率一覽表

採樣日期	TP		
	入流	出流	削減率
	mg/L	mg/L	%
2021.11.05	0.51	1.48	-190.2%
2021.11.10	1.17	1.28	-9.4%
2021.11.12	2.72	2.24	17.6%
平均			-60.7%

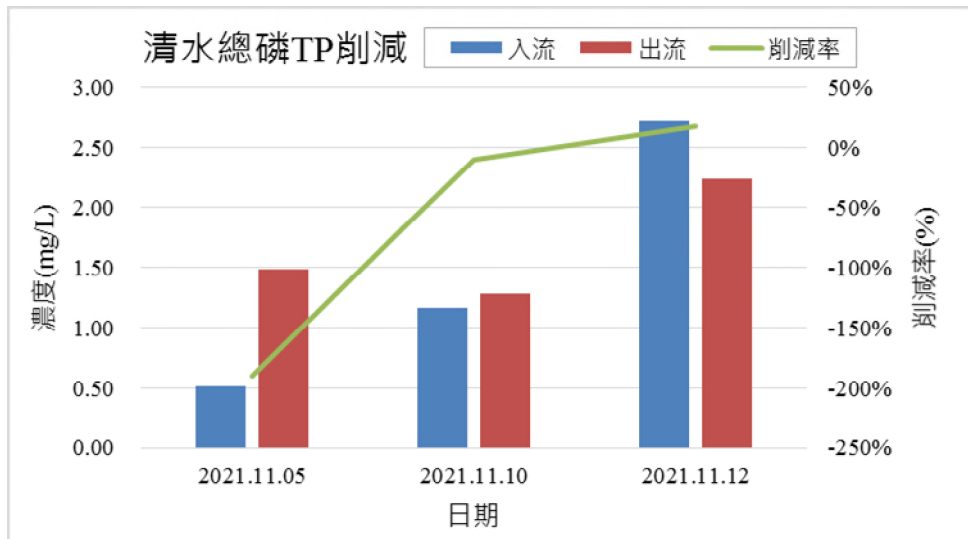


圖 3-6 清水之總磷削減成果圖

而清水試驗中，入流水之總磷含量非常低(介於 0.51~2.72 mg/L 間)，水流經過植生滯留槽後，因槽體本身有培養土之級配層，使得水經過該層後會有沖出其土壤中的磷，使得偶有發生出流之總磷含量高於入流(第一、二次試驗成果)，雖然其數據成果及削減率成果有所浮動且差異蠻大的，但仍可看出於出流端之總磷濃度皆差距不大，故其植生滯留槽設施對於總磷的輸出仍是具有穩定性(介於 1.28~2.24mg/L 間)(詳見表 3-7 及圖 3-6 所示)。

表 3-8 本研究三次肥料水採樣之總磷削減率一覽表

採樣日期	肥料水	TP		
		入流	出流	削減率
	稀釋倍數	mg/L	mg/L	%
2021.11.05	1000 倍	4.11	1.07	74.0%
2021.11.10	2000 倍	4.11	0.90	78.1%
2021.11.12	4000 倍	4.11	0.90	78.1%
平均				76.7%

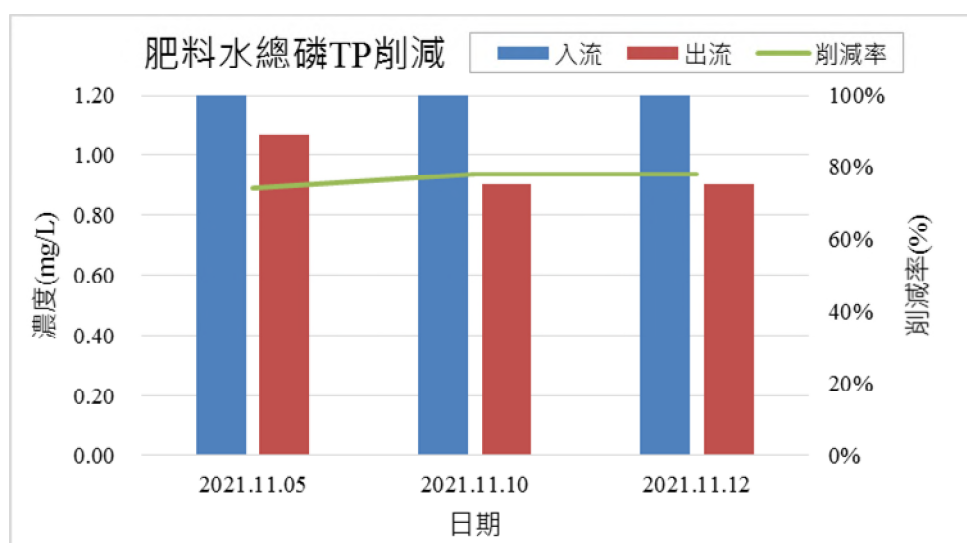


圖 3-7 肥料水之總磷削減成果圖

當由於肥料中含有水溶性磷酐，故特以此作為分析水質削減指標之一，可看出不論肥料稀釋倍數 1000~4000 倍，其入流的濃度皆相同，而出流則有不同次試驗之有所差異，而削減率即為出流減去入流濃度除上出流濃度，則可得出該次削減效果介於 74~78.1%間，平均削減率則為 76.7%(詳見表 3-8 及圖 3-7 所示)，其效益良好。

第四章 結論及建議

第一節 結論

本研究於南投縣竹山鎮桶頭里活動中心後方菜圃設置植生滯留槽，藉以捕捉菜圃集水區範圍內所產生之非點源污染，並藉由植生滯留槽之過濾，分析討論其削減污染之成效。

為增加視覺景觀豐富度，於槽體內種植四種水保常用作物，分別為長紅木、雪茄花、桂花、大王仙丹等，其景觀感受度上呈現出不同季節有不同花色或葉片顏色的豐富度，另桂花則又有增添其嗅覺上清新的感受。

植生滯留槽於 2021.09.14 完成所有工程內容與及植栽種植，恰巧已進入乾季，且其設施之穩定需要時間，使得採樣事件無法配合。為了蒐集數據以利分析，故設置人為加水試驗進行相關討論與比較，加水試驗中分為清水與肥料水兩種入流水進行試驗。由其採樣數據中，可得知多數水質檢測項目裡，經過植生滯留槽過濾後(出流水)的濃度皆介於低濃度範圍內，例如懸浮固體濃度(SS)介於 6.5~40(mg/L)、總磷(TP)介於 0.9~2.24(mg/L)等。

在調配肥料水模擬非點源污染試驗中，針對懸浮固體濃度及總磷之入、出流削減效益是良好的。其中懸浮固體濃度之削減效益介於 6.5~16.5mg/L 間，而削減率介於 90.2~96.9%間，平均削減率則為

94.2%；而總磷濃度之削減效益介於 0.9~1.07mg/L 間，而削減率介於 74~78.1%間，平均削減率則為 76.7%。

第二節 建議

- 一、由於植生滯留槽施設完成後，需要一段穩定時間，使其設施內之微生物圈建構以及培養土層之相關營養鹽穩定釋出，故本計畫於施設完成後恰遇乾季，故設施之穩定時間所需更長，使得採樣事件無法配合，建議相關計畫應拉長監測時間，以利掌握住設施效益最佳期間，並多搜採數據以利分析討論。
- 二、本研究種植之植栽種類多且適應情況尚屬不錯，但因採用了桂花此作物後發現，桂花之開花後掉落之花朵有造成植生滯留槽內之水中雜質增加，故建議未來植栽選擇上，也應該適合考量落花或落葉之情況是否會增加維護困難。

參考文獻

1. 台肥季刊，第五十五卷第 4 期中華民國 104 年 1 月出刊，(2015)。
2. 內政部營建署，「七家灣溪濱水區植生緩衝帶配置之研究」，(2004)。
3. 行政院環境保護署，「降雨逕流非點源污染最佳管理技術(BMPs)指引」，(2013)。
4. 行政院環保署，「106 年北區水庫水質永續管理計畫」，(2017)。
5. 李光敦，「水文學」，五南圖書出版，(2015)。
6. 經濟部水利署中區水資源局，「湖山水庫水質水量保護區水源保育社區推動計畫」，(2017)。
7. 經濟部水利署中區水資源局，「湖山水庫集水區健檢評估及非點源汙染削減處理調查規劃(1/2)」，(2017)。
8. 經濟部水利署中區水資源局，「湖山水庫集水區健檢評估及非點源汙染削減處理調查規劃(2/2)」，(2018)。
9. 經濟部水利署中區水資源局，「107 年度湖山水庫水質水量保護區水源保育社區推動計畫」，(2018)。
10. 經濟部水利署臺北水源特定區管理局，「北勢溪茶園非點源汙染削減(LID)現地處理調查規劃」，(2015)。
11. Brown,T.C. and T.C.Daniel., (1990). Scaling of ratings: concepts

- and method. USDA Forest Service Research Paper. RM-239.
12. Daniel, T.C. and R.S. Boster., (1976). Measuring landscape esthetics: the scenic beauty estimation method. USDA Forest Service Research Paper. RM-167.
 13. Ian Lawrence & Peter Breen, 「 Design guidelines: Stormwater pollution control ponds and wetlands. 」 , (1996).

附錄

附錄一、研提計畫書意見暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	一、有關計畫書格式及經費審查部分：1.本計畫請以補助經費713仟元調整編列。2.本年度執行期限請修正為自110年1月27日至110年12月31日。(11.1個月)。薪俸、保險、退休離職儲金、主持人費、兼任研究助理，請以計畫執行期限11.1個月內編列。年終獎金亦配合計畫期限比例調整。3.三、本補助計畫僅可編列人事費及業務費，「設備及投資」不得編列。4.健保補充保險費費率為2.11%。5.二四-○○宣導廣告費，計畫為政策宣導性質者，本計畫性質不符。 二、為配合本局業務需求，計畫內容建議調整(或納入後續	一： 已依據相關經費調整意見修改之。 二： 回應「植生滯留槽是否屬水保局推動之業務，其與現行水土保持農藝方法之配合及推廣對象，似宜再斟酌。」一般水土保持農藝方法(也就是坡地耕作方法)，功用在加強土壤抗蝕條件，增加水分滲入土壤，為作物蓄水。本計畫所推廣之植生滯留槽係藉由在水源保育源頭，即處理小區域範圍因農耕或其他行為所產生的非點源污染，並考量就地取材與有機堆肥推廣，於植生滯

項次	審查意見	回覆辦理情形
	執行評估參考)部分： 1.植生滯留槽是否屬水保局推動之業務，其與現行水土保持農藝方法之配合及推廣對象，似宜再斟酌。 2.植生滯留槽係屬LID非點源污染防制之工項，在現行水保局所轄管山坡地土地利用之業務關聯性似不太相關，尤以該項工法在環境保護機關認定為低度衝擊開發(LID)之工法，與水土保持強調之保育，在概念上亦有落差，請斟酌。 3.本計畫似試驗研究，惟人事費佔50%以上，其他試驗器材、設備等需求是否足夠？ 4.本計畫僅追蹤磷及固體物質，對於其他農用肥料成份及營養主要元素，宜加以考量。 5.植生滯留槽之設計，長期是否產效益遞減，宜加以考量，以2020三場降雨之範例成果，已顯現成效遞減之現象。	留槽頂部作其改良，搭配景觀或其他合適植物已達美觀效果。其植生滯留槽亦符合其增加水分入滲土壤之小型滯洪、貯流之效果，又進一步達成過濾、優化水質之效果。 回應「植生滯留槽係屬 LID 非點源污染防制之工項，在現行水保局所轄管山坡地土地利用之業務關聯性似不太相關，尤以該項工法在環境保護機關認定為低度衝擊開發(LID)之工法，與水土保持強調之保育，在概念上亦有落差，請斟酌。」一般水保局於山坡地排水設計時經常使用之草溝也恰巧屬於LID非點源污染處理設施種類之一，而LID(Low Impact Development, 低衝擊開發)概念為在已開發或即將開發之時納入降低開發所造成的水文衝擊之工

項次	審查意見	回覆辦理情形
		法，本計畫中提到之植生滯留槽即符合此概念，除了可以達到逕流蒐集過濾之功能外，其增加逕流入滲之效果亦符合水土保持之精神。 回應「本計畫僅追蹤磷及固體物質，對於其他農用肥料成份及優養主要元素，宜加以考量。」台灣之水庫水質優養程度皆以卡爾森指數為評估標準，卡爾森指數中包含 SD 透明度、Chl-a 葉綠素 a、TP 總磷等三項指標，其中 SS 懸浮固體與 TP 總磷又為影響水庫水質之關鍵，本計畫係以此二指標作為上游水庫集水區水質改善效果為標的。 回應「植生滯留槽之設計，長期是否產效益遞減，宜加以考量，以 2020 三場降雨之範例成果，已顯現成效遞減之現

項次	審查意見	回覆辦理情形
		象」 感謝意見，本計劃書中所提出之 2020 年三場降雨係為本工作團隊過去所設置之植生滯留槽於計畫執行期程中所涵蓋的採樣事件(水利署中區水資源局，2020，「湖山水庫集水區非點源污染熱點調查及 LID 現地處理設施之設置與成效評估」)，由於該計畫以三場事件成果評估效果，本計畫即引用其成果，植生滯留槽若有長期間的監測資料，則可釐清其設施場址是否有隨時間遞減效益之現象。而本計畫希望可以盡早完成場址，以利能蒐採今年度的降雨事件，進而分析其效益。
二	主計室意見： 一、P5(五)重要工作項目：預算金額請修正。 二、薪俸：請補學歷年資。 三、「25-00物品」單價未達一萬元之消耗或非消耗品購置費用屬之，請細分量化說明。	遵照意見修改經費編列

項次	審查意見	回覆辦理情形
	四、油料費(時價編列)請編在物品，並量化。 五、「26-10 雜支」請以明細表量化補充說明。	
三	1.26-10雜支中，「試驗現地開挖及前處理設備及污染處理設施等(污水前處理過濾設施、出入流管路預留、設施主體施工等)連工帶料」請編入22-00委託勞務費。 2.附表1薪俸、研究主持人費明細表薪俸及主持人費不符預算明細表，請修正。	遵照意見修改，謝謝
四	主計室： 一、為防人事費用偏高，建請改僱用兼任人員6個月，如確有需求，請提供計畫經費配置情形。 二、 附表一「薪俸、研究主持人費明細表」薪俸與「11-00薪俸」「23-00按日按件計資酬金」不符，請修正。	感謝意見，本計畫預計於3-12月間執行，業務費為此植生滯留槽的施工與材料費 皆屬於實際需要的花費，詳如預算編列表(業務費之部分)。又因本計畫需要一位專任助理全力投入，雖然施工期間不需長達9個月，但是專任助理需負責現場施工監造與紀錄、後續設

項次	審查意見	回覆辦理情形
		施維護、採樣分析等，其工作期間完包含至計劃結案為止，故其人事費編足一位專任助理 9 個月(3-12 月)之薪資。

附錄二、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	請說明本計畫與水利署委託 LID 評估計畫之差異性與創新性。	LID(Low Impact Development, 低衝擊開發)概念為在已開發或即將開發之時納入降低開發所造成的水文衝擊之工法。一般水土保持農藝方法(也就是坡地耕作方法),功用在加強土壤抗蝕條件,增加水分滲入土壤,為作物蓄水。 本計畫所推廣之植生滯留槽係藉由在水源保育源頭,即處理小區域範圍因農耕或其他行為所產生的非點源污染,並考量就地取材與有機堆肥推廣,於植生滯留槽頂部作其改良,搭配景觀或其他合適植物以達美觀效果。其植生滯留槽亦符合其增加水分入滲土壤之小型滯洪、貯流之效果,又進一步達成過濾、優化水質之效果。

項次	審查意見	回覆辦理情形
二	計畫目標之一為農村景觀優化，請依景觀評估元素予以分析其優化度。	由於景觀評估成果屬主觀認知，故本研究預計採取地方民眾對於植生滯留槽表層植栽之看法，藉由統計民眾對於菜園中所種植之蔬菜和景觀植物如何搭配為最佳方案，此做法也有助於民眾對於設施之認識與認同度。列於第二章第一節之三。
三	各改善所運用之各式材料來源、成分、堆肥熟成方式等請詳加記錄。	本計畫將採用落葉堆肥化，既可減少垃圾量，又可將之資源化，而且因為無發生臭味之虞，可以大量製作。列於第二章第二節之二。
四	植生滯留槽之概念是來自LID之應用，其適合對象以一般生活廢水之改善為主，用於農地有其規模與功能之限制，宜釐清。	山坡地之土地利用型態多以農地及林地為主，而農地常因過度施灑肥料、農藥，長期累積地表之營養物易因初期暴雨沖刷入鄰近河川，進而影響河川水質。過去許多主管機關積極進行水體水質改善措施，針對可能影響水質狀況研擬非點源改善策略，建議可於

項次	審查意見	回覆辦理情形
		農耕地規劃草溝、植生緩衝帶、植生滯留槽等降低非點源污染之低衝擊開發（LID）措施，運用農地排水路規劃，將因初期暴雨逕流匯集至草溝、植生滯留槽等 LID 設施內滯留，透過沉降、過濾及吸附等作用，減少外流至農地外溝渠逕流量及污染物濃度，除彌補因土地開發而改變之水文機制，亦可減少因初期暴雨逕流產生之非點源污染。列於第一章。
五	滯留槽之過濾屬易受土壤細粒填塞而降低功能，其更新之壽命多久，宜有說明。	若所有濾材與植栽壽命已至，全部更替的情況下，材料費用粗估約 10 萬(不含人力與大型機械費用)。列於第二章第一節之七。
六	菜園之排水主要來自降雨之地表逕流，其滯洪量體設計之依據如何？	本計畫利用合理化公式推估植生滯留槽之設計體積容量。詳見第二章第二節之一。
七	過濾材料將培養土或堆肥屬有機物較高之土壤，對磷的吸	若所有濾材與植栽壽命已至，全部更替的情況下，材料

項次	審查意見	回覆辦理情形
	附有其極限，宜考慮該土壤之替換成本考量。	費用粗估約 10 萬(不含人力與大型機械費用)。列於第二章第一節之七。
八	水質監測項目宜增加氮之監測為主，另pH 值將因有機酸之排出亦有可能影響，建議納入監測。	採樣地點設定場址之進流點與出流點，檢測項目包含水溫、氫離子濃度指數、溶氧量、懸浮固體、總磷、導電度、水量(採樣時進、出流點)等項目。列於第二章第二節之四。
九	本年度預計至少採樣多少降雨事件？	植生滯留槽施作示範場址鄰近溝渠或適當採樣點進行 1-3 場次降雨逕流採樣(視完工後所遇之降雨事件)，每場次降雨逕流至少採樣 1 次，列於第二章第二節之四。
十	請補充LID 設置地點之相關資訊及地圖，集水區面積？歷年水文資訊、降雨資訊。	植生滯留槽設計尺寸與集水面積列於第二章第二節之一。 相關桶頭里鄰近區域之基本水文條件列於第二章第一節之二。
十一	現地是否會同時量測降雨量、逕流量與入滲量等？	採樣地點設定場址之進流點與出流點，檢測項目包含水

項次	審查意見	回覆辦理情形
		溫、氫離子濃度指數、溶氧量、懸浮固體、總磷、導電度、水量(採樣時進、出流點)等項目。列於第二章第二節之四。
十二	未來請提供建置、維護LID 之單價分析、設計標準、維運建議及選址原則等。	若所有濾材與植栽壽命已至，全部更替的情況下，材料費用粗估約 10 萬(不含人力與大型機械費用)。列於第二章第一節之七。 而植生滯留槽選址原則列於第二章第一節之五。
十三	請補附前次計畫審查意見回復情形。	感謝意見，已補充附錄一。
十四	植生滯留槽體積依集水區面積推估，推估公式為何？ (P2-2)	採用合理化公式推估需處理之暴雨前期逕流量。
十五	圖6、圖7、圖8 標示錯誤請修正，(P2-6)	感謝指正，誤植處已修改。
十六	植生滯留槽植栽建議樹種有那幾種？若植栽對污染物有吸附與降解功能，種植蔬菜是否合適？ (P2-11)	感謝意見，已補充植栽說明於列於第二章第二節之三。
十七	有機堆肥設置階段之異味及	本計畫將採用落葉堆肥化，既

項次	審查意見	回覆辦理情形
	美觀問題如何處理？ (P2-5)	可減少垃圾量，又可將之資源化，而且因為無發生臭味之虞，可以大量製作。列於第二章第二節之二。

附錄三、期中書面審查紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	請補附"摘要"，敘明已獲致初步成果、後續擬進行之相關研究、遭遇困難及解決對策等。	感謝建議，遵照補充摘要。
二	圖2-1 研究流程圖請依流程圖製作規範製作；文獻蒐集之目的並非僅供報告撰寫參考，相關資料應做為試驗設計或研究之基礎，請調整其歷程。	感謝建議，遵照意見修正研究流程圖。
三	文獻僅蒐集中區水資源局單一筆資料，其資料量及立論過於薄弱，請再蒐集國內外相關文獻，例如臺北水源特定區管理局亦曾進行相關計畫，以充實研究之可用性。	已補充石門水庫等資料，本計畫所採用之植生滯留槽相關設置，皆是參考過去台灣過去設置植生滯留槽之經驗。
四	本案已進行至期中，報告內容仍停留於期初階段，去年於其他計畫之成果可供參考，但請詳敘本計畫已完成或進行之研究項目。	文獻參考已補充其他水庫經驗。並加以補充本計畫已完成之場址施設相關照片與說明。
五	P2-10 植生留槽選址原則中，	感謝委員意見，與承受水體之

項次	審查意見	回覆辦理情形
	是否能有量化的評估值？例如 1.與承受水體之距離？ 4.土壤 沖蝕程度？	距離與土壤沖蝕狀況皆是選 址時做為不同場址之比較的 條件，又因台灣國內尚未對這 幾項原則訂定標準或規範，故 難以量化數值作為評估依據。
六	P2-10 植生留槽設計原則，其 中尺寸部份，是否有量化標準？	菜園集水區內為菜園與草 地，其面積為 0.08 公頃，因植 生滯留槽要在有直接逕流產 生時才開始發揮其效益，故以 每小時有效降雨 10mm 作為設 計標準，利用合理化公式推 估，C 逕流係數採用平坦耕地 開發後整地後之逕流係數為 0.85，初步計算設計流量約為 0.002cms。
七	依P2-18 工作規劃進度及P3-1 表3-1，LID 示範場址設置應 於防汛期前完成施設，且期中 報告提送日為7 月19 日，理 應已完成施作，但第三章工作 進度內容空洞，完全無任何成 果呈現，建議補充相關資料 後，重新提送期中報告審查。	感謝指正，已補充場址施工及 完工照片與說明。

項次	審查意見	回覆辦理情形
八	LID (Low Impact Development) 示範場址後續由地方認養，是否已洽談認養單位並編列維護費用？	目前因該用地皆全權由桶頭社區及里長代管，且其該菜園一部分也有與桶頭國小合作祖孫菜園活動，未來會持續與社區溝通協助澆灌維持植栽生存與基本維護工作。
九	景觀優化評估，調查對象為何？若評估結果不佳，其因應方式為何？盲度是否為信度之誤，請釐清。(P2-6)	因景觀評估較容易因評判者主觀的審美理念而影響成果，故本計畫擬採用 4 種植栽作多種類配置，加以豐富景觀，並調查社區民眾看法與意見後做其調整。 經查證其文字屬誤植，已更正之。
十	第三章工作進度，論述與期初一樣，請補充期中進度與成果，並說明後續需辦理事項。(P3-1)	感謝建議，已將目前工作進度更新於第三章之描述。
十一	請詳細說明計畫採用之有效降雨 10mm 之使用目的及考量依據與理由。	菜圃集水區內為菜園與草地，其面積為 0.08 公頃，因植生滯留槽要在有直接逕流產生時才開始發揮其效益，故以每小時有效降雨 10mm 作為設

項次	審查意見	回覆辦理情形
		計標準，利用合理化公式推估，C逕流係數採用平坦耕地開發後整地後之逕流係數為0.85，初步計算設計流量約為0.002cms。
十二	植生滯留槽之尺寸設計流量運用合理化公式計算，其中合理化公式之I為降雨強度(mm/hr)非指有效降雨，A為集水區面積非指菜圃的面積，C值選用0.9，依據水土保持技術規範屬非農業使用之狀況，選用值似乎不合理請重新評估;設計之流量計算有誤，請修正。	菜圃集水區內為菜園與草地，其面積為0.08公頃，因植生滯留槽要在有直接逕流產生時才開始發揮其效益，故假設以每小時有效降雨10mm作為設計標準，利用合理化公式推估，C逕流係數採用平坦耕地開發後整地後之逕流係數為0.85，初步計算設計流量約為0.002cms。
十三	植生滯留槽之植栽選用，建議可參考常見水土保持植物(草類、灌木等)做設計，並可探討不同植栽配比上之效益。	本計畫於植栽選擇上，會採用農耕作物(蔬菜類種子)混和一般景觀植栽，景觀植栽會選用四種作景觀配置與適合度比較(水保建議適合植栽：長紅木、雪茄花、桂花、大王仙丹等)，除了增加視覺的豐富度外，也有增進固定維護植生滯

項次	審查意見	回覆辦理情形
		留槽之效果(除草、養護菜苗、收成等)。

附錄四、期中報告書(修正本)書面審查紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	報告書內照片請註明拍照日期。	感謝建議，遵照辦理補充。
二	集水面積應依參照地形(P2-24圖2-17)劃分，請再確認集水區面積。	本計畫於菜圃進行地形測量，菜圃之周圍恰有集流溝(土溝)，故其菜園範圍外之逕流因為地形關係不會進入，菜園會匯集集水範圍內之逕流於植生滯留槽設置處，得知菜圃面積約為 800m ² ，整體地勢由東南高點往西北側低點(植生滯留槽施設點)傾斜。

附錄五、期末報告書審查紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
一	後續持續監測應可證明LID植生滯留槽的水質改善功用。	感謝建議，後續持續監測才能實際量化植生滯留槽削減污染之效益。
二	建議補充說明LID 總體製作材料費用以利後續推廣之參考。	感謝建議，已補充表 2-2 說明。
三	LID 場址後續維護請補充說明。	感謝建議，已詳述於第二章第一節七。
四	建議補充堆肥材料比例，不同材料生產之堆肥，其碳、氮、磷含量差異甚大，例如增加排泄物材料、豆粕、農業生產廢棄物等，其產生之堆肥元素含量差異甚大。	已補充培養土資材比例，詳見表 2-3 所示。
五	建議補充種植時使用土壤及堆肥比例，未來如進行相似試驗，建議於種植完成後及抽驗檢測前進行土壤性質檢測並記錄相關數據。	已補充培養土資材比例，詳見表 2-3 所示。