

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：**PEE107097**

學門分類/Division：**工程**

執行期間/Funding Period：**2018-08-01 ~ 2019-07-31**

循環型 DIY 環保都市農園教材開發與實作
課程：循環型 DIY 環保都市農園實作(大學通識課程)

計畫主持人(Principal Investigator)：**高正忠**

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

國立交通大學 環境工程研究所

繳交報告日期(Report Submission Date)：2019-08-18

循環型 DIY 環保都市農園教材開發與實作

一. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

1.1 研究背景與動機

由於綠屋頂具有降溫節能、減緩城市熱島效應、截留雨水、保護與延長屋頂壽命、吸收空氣污染物、減少噪音、提供鳥類與小動物棲地、增加綠覆面與開放性空間、美觀及增加建築價值等效益(Li, *et al.* 2014; Veisten, *et al.*, 2012; Susca, *et al.*, 2011; Castleton, *et al.*, 2010; Getter, *et al.*, 2009; Berndtsson, *et al.*, 2008; Hilten, *et al.*, 2008; Hien, *et al.*, 2007; Mentens, *et al.*, 2006; Wong, *et al.*, 2003; FLL, 2002), 故已受到國外重視及推廣, 而國內因人口密度高, 缺乏綠地, 水泥森林林立, 也因此導致熱島效應, 事實上全省的最高溫除了台東的焚風最高溫達 40 度以上及宜蘭土場近 40 度之外, 其他高溫發生在台中、新竹台北, 反而不是發生在南部, 也證明城市的熱島效應頗顯著, 更因此使大氣對流不佳, 進一步惡化城市的空氣品質, 故綠屋頂是台灣頗需要推廣的一個設施, 綠屋頂因而在國內亦已在起步中, 故本研究群於十年前投入綠屋頂研究(學界很少人作此方面研究)(李, 2010; 陳, 2012; 周, 2013), 但經數年的研究經驗發現傳統綠屋頂並不適合台灣, 因為其有(1)防水措施的要求較嚴謹(此問題是傳統綠屋頂在國內推廣的一大阻力); (2)晚上散熱能力更差(不太適合台灣的濕熱氣候)(此問題由於國內綠屋頂大多是公部門設置, 夜間無人, 故至今發現此問題的人尚不多); (3)會有污水:難免需要灌溉, 水必然流出且會夾帶一些污染物; (4)設置後不易移動, 維護上亦較困難; (5)建置較花時間人力; (6) 其重量老舊建築不見得能承載; (7)成本高等問題, 也因此導致傳統綠屋頂在國內的接受度不高。

本研究群因而決定放棄傳統綠屋頂, 改為開發新型綠屋頂, 經數年研發(陳, 2014; 彭, 2017), 已開發出全世界第一個原型再利用回收瓶為基座的 DIY 綠花園/綠屋頂(DIYGreen), 讓環境不好的屋頂變成適合種植蔬果的場地, 更讓小孩及老人均可建置, 且不限用於屋頂, 任何平坦地均可使用, 如圖 1 所示, 目前已開發盆型、框型、木框、裝置藝術及可再利用回收容器等五種型式(DIYGreen, 2017)。其他套件亦正積極開發中。

DIYGreen 不但具有綠屋頂的所有原有效益, 更解決了傳統綠屋頂的諸多缺點, 不必作防水(反而可減少頂樓漏水的機率, 因大部分雨水會進回收瓶中), 夜間散熱能力佳, 不會有污水也不會養蚊子, 回收大量雨水供植物生長(新竹以北若採用大寶特瓶, 若沒有很長的乾早期, 幾乎可不必澆水), 且能 DIY 建置, 不需專業人士協助, 小孩及老人均能建置, 目前已進一步進化, 不限建置於屋頂, 在任何平坦的地方均可建置, 包括陽



圖 1. 已開發五種型式: (a)左上:盆型; (b) 右上:框型; (c)下右:木框型; (d) 下中:裝置藝術型; (e) 下左: 可再利用回收容器型。

台及平地等。DIYGreen 應該是循環經濟的一個好案例，循環經濟主要是希望產業能如生態循環一樣一再循環再利用物質，但它並不是只是回收再利用物質作為次級品，更重要的是能創造出更好的價值，DIY 綠花園[原型再利用]回收瓶，[原型再利用]本身已是回收方法中最佳的方式(例如玻璃瓶容器再利用)，而 DIY 綠花園不但原型再利用(也不必如玻璃瓶需先進行消毒等才能再利用)，且更進一步把它用在更有價值的地方，回收容器若採用大寶瓶，一平方公尺可儲存 128 公升的水，若用小寶特瓶也有 38.4 公升，且大部分水可來自於雨水，甚至若有大寶特瓶，估計新竹(甚至台中)以北只靠雨水即足以維持植物生長，也讓原本環境對植栽頗惡劣的屋頂環境變成適種蔬果的環境，且不必防水，也不會有污水，更不太需要加水，這是傳統綠屋頂作不太到的地方。原本傳統綠屋頂需要防水，導致屋頂住戶往往會有疑慮，但 DIY 綠花園不旦不必防水，且把很大比例的雨水存入瓶子中，讓屋頂更不易漏水，且由於中空層隔熱與夜間散熱的效果都很好，讓室內更舒適。已於 2016/10/17 正式公開發表，以下是已建置的推廣網站及部分媒體的報導：



- 推廣網站 <http://diygreen.ev.nctu.edu.tw>
 非凡新聞 <https://www.youtube.com/watch?v=yfDagLNCMmY>
 自由時報 <http://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1858548>
 聯合新聞網 <http://udn.com/news/story/9/2028756>



雖然尚無經費可宣傳推廣，但目前各級學校均有教師正使用它們於各種領域的課程中，包括幼稚園(幼稚園小孩搬不動，但二個人合作即可建置)安親班、國小、國中及高中及大學均有教師使用中。雖然已提供一些資料(包括網頁、相簿及影片等)於網站上



(<http://diygreen.ev.nctu.edu.tw>)，由於主持人以往都是在獨立研究所任教，主要是教研究生，故至今尚無系統化的教材供大專院校教師應用於大學部課程中，故在此計畫中開發相關教材，且開發通識課程[循環型 DIY 環保都市農園實作]教材，由主持人實際開課授課，並請一位園藝教師支援部分園藝相關課程，驗證教材的適用性。

1.2 研究目的

本研究主題主要是開發一個新設跨領域通識課程，以彌補交大大學部在跨領域合作、永續發展、綠色設計、循環經濟、社會企業等較少有相關課程可修習之不足，亦期望加強交大大學部創新創意相關課程，亦可提供其他有類似問題的學校相關教師納入其相關課程中。讓不同領域的學生能學習到永續發展、綠屋頂、生命週期思考、綠色設計、循環經濟、食安及食物里程、社會企業、循環型 DIY 環保都市農園開發歷程、3D 列印與雷射雕刻、園藝植栽、規劃場址與實作、團隊合作及成果展示等跨領域的知識與技能。

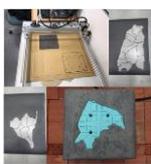
教學目標主要有三項：(1)提昇學生在永續發展、生命週期思考、綠色設計、循環經濟、社會企業、創新創意、新世代科技等面對未來很重要的跨領域知能；(2)提昇學生的創造能力；(3)提昇學生團隊合作完成新事物與解決問題的能力。

二. 文獻探討(Literature Review)

與本研究擬開發的課程相關的子題主要有永續發展、綠屋頂、循環型 DIY 環保都市農園開發歷程、3D 列印與雷射雕刻、循環經濟、食安及食物里程、社會企業、戶外教學、實作、創新創意(包括生命週期思考、綠色設計等)、園藝植栽及跨領域教學等，環工相關與永續等子題均為主持人的專業領域，為主持人所熟悉領域，已有多年的專業經驗且所開發的套件是領先全世界產品，目前亦正執行科技部計畫開發更新產品中，未來均會融入教材中，雖已收集了不少文獻，但以下只列一些重點文獻供參考。以下一一簡介各子題相關文獻資料。

- (1) **永續發展**：這是國際上共同追求目標，1987 年 Our Common Future(WCED, 1987)提出了[滿足當代發展的需求必須以不影響未來世代滿足其需求能力為前提]，已為世人認同的定義，其內涵雖然無一致定義，但普遍認為環境、經濟與社會三個面向要共榮發展，在此單元中的教材亦將回顧近百年的發展及重要國際事件及內涵，以及地球所面對諸多問題。讓同學了解過去的問題，以期未來他們能合作思考如何讓三大面向共榮的方法。
- (2) **綠屋頂**：綠屋頂具有多項環保效益(Li, *et al.* 2014; FLL, 2002)，主持人多年前在國外看到它，覺得很符合國內需求，台灣綠地不足，都市又不易創造出更多綠地，國內從事相關研究學者很少，故親自投入，但三年後發現國外傳統綠屋頂並不適合台灣，主要是因需要作防水、夜間散熱不佳及有污水等缺點，因而放棄傳統綠屋頂，改開發新型綠屋頂，這部分學理國內很少人能像主持人說明的那麼清楚，將深入淺出準備教材讓同學們了解。
- (3) **循環型 DIY 環保都市農園開發歷程**：此乃基於多年來科技部研究成果，仍持續開發中。發表 DIY 綠花園/綠屋頂前亦開發了數種輕空透氣型綠屋頂，但因不能 DIY，故進而發展可 DIY 版本。將說明整個開發歷程，也期望讓學生了解創意如何一步步實現。

- (4) **3D 列印與雷射雕刻**：近年 3D 列印機隨著 FDM 技術專利到期，故目前 3D 列印機已是能負擔的研究設備，故本研究群採用 FDM 3D 列印機開發，新世代有必要



了解它。加上繪圖軟體（如 Solidworks, SpaceClaim, SketchUp 等）亦愈來愈友善，較以往更易上手，已是很多研究的重要開發設備，故亦將在課程中介紹。本研究群開發時亦有用雷射雕刻/切割機，可用於雕刻及裁切不織布。也將一併介紹給同學。



- (5) **循環經濟**：為了促進永續發展，這是世界各國正在努力的重點工作，Webster (2017) 提供了循環經濟一些原則，期望把以往一再報廢資源的線性經濟導引至循環型的經濟，也避免由於人口增加耗用資源，讓地球無法負荷，當前政府也大力呼籲推動中，此議題雖在專業領域中不算新，但在非此專業領域仍然甚少接觸到，而要促成循環經濟，必須各領域共同合作才能讓各種資源在不同領域中一再循環應用，循環經濟與傳統回收再利用的差異在於並不是只把回收物再製為次級品，而是幫它們創造更好價值，本研究正開發的 [循環型 DIY 環保都市農園] 即是將回收瓶用在更有價值的地方，且具有諸多環保及其它效益，介紹循環經濟時亦將作為示範案例介紹。

- (6) **食安與食物里程 (Food Miles)**：近年來發生不少食安事件，讓食品安全衛生管理法甚至 103 及 104 年一年中修訂了二次，台灣的糧食自給率只有三成多（農委會，2016），且一再下降中，也有不少人因而想過有機半農生活，但在都市中不容易達成。而食物由產地生產後要經過包裝及層層配送銷售才能到達都市中的消費者，尤其是國外來的食物更是要耗費不少能資源配送，也會排放不少溫室氣體，因而英國的 Prof. Time Lang 提出食物里程 (Food miles) 來評估 (Lang, 2006; Engelhaupt, 2008)，世界各國也因此掀起一股消費在地食物風潮，以減少食物里程，而最小的食物里程即是在家中生產，本研究群所開發循環型 DIY 環保都市農園即是可用於產生零食物里程的食物。

- (7) **社會企業**：雖然希望企業能重視企業社會責任 (Corporate social responsibility) 已是國際潮流 (Andreas, et al., 2017; 社企流, 2018)，CSR 報告也是很多企業年度報告的重點之一，而更好的方式是企業在一開始創立時就能負起解決部份永續問題的責任，這也是近年來社會企業逐漸為大家所重視，故在課程中也期望讓年輕人提早了解社會企業，或許未來他們也能創出很棒的社會企業，讓台灣及世界更永續。

- (8) **創新創意 (包括生命週期思考及綠色設計)**：這是目前很重要應該啟發學生但不太好教的技能。主持人結合生命週期思考 (Life Cycle Thinking) (EU, 2017) 及綠色設計 (Design for Sustainability) (e.g., Vezzoli and Manzini, 2008) 主要理論基礎組成數個課程單元傳授這部分概念給學生，生命週期思考主要考量產品整個生命週期各階段對環境的衝擊，若在設計產品時即作這樣的思考，會讓產品更具環境友善性。

- (9) **園藝植栽**：由於本研究群屬理工專業，園藝植栽是本研究群較弱的一環，除了研讀相關圖書資料，亦商請數位專家協助指導，本研究群已有能力栽培不少植物，主持人也由原來完全沒種過菜，變成已具有種過數十種菜的經驗，最近亦與關西高中（原關西農校）園藝科黃盈潔主任團隊合作，未來亦將與她持續合作，並商請她協助指導學生一些較專業的單元。



三. 研究方法(Research Methodology)

本研究開發一個新課程及相關教材，為 2 學分大學部通識課程，並指導學生成立團隊在校園建置一個循環型 DIY 環保都市農園，是一個實作型課程。以下一一說明研究步驟及內容。

(1) 研究架構

主要分為開發[循環型 DIY 環保都市農園實作]課程教材、建置示範場域、開發課程輔助系統、實際授課、教學成效評估五大部分，以下一一摘要說明之，之後將進一步詳細說明。

- [1] 開發[循環型 DIY 環保都市農園實作]課程教材：為 2 學分的大學部通識課程，內容包括永續發展、台灣為何需要綠屋頂、循環型 DIY 環保都市農園開發與實驗歷程、園藝植栽、循環型 DIY 環保都市農園實作、永續設計原則(包括生命週期思考、循環經濟、食物里程、綠色設計、社會企業) 及成果分享討論及展示等。本年度主要發展一個完整課程所需教材，個別單元亦可供放入一些相關課程中。
- [2] 建置示範教學場域：在交大環工館 5F 的屋頂建置一個示範場域輔助教學
- [3] 開發課程輔助系統：課程運作除了使用臉書的私密社團，亦將自行寫程式開發一個課程專屬系統，進行期初期末問卷線上填寫與收集點名及公佈個人成績等
- [4] 實際授課：課程是在 108 年 2 月在大學部開課，正好進入春天，適合植物生長的季節。
- [5] 教學目標達成成效評估：分為三部分評估：(a)期初及期末問卷；(b)平時的教學記錄(含同學及各學生團隊平時在臉書社團中的分享)；(c) 成果(包括粉絲團、影片、投影片及報告)。

(2) 研究假設

由於交大以理工、管理及人文社會等科系為主，相信大部分交大大學生較缺乏以下經驗：

- [1] 很少有農園經驗，也很少有機會學習到相關知識與技能；
- [2] 應該都很難想像可在屋頂或平坦水泥地上建置循環型農園，相信亦能因此啟發其創意；
- [3] 所開發的循環型 DIY 環保都市農園具有諸多環保效益與特點；
- [4] 所擬開發的教材介紹一些面對未來很重要且相信都是交大大學生不易接觸及了解的領域及知識，相信可擴展其視野，且若能再結合其所學的專業，相信可引導他們未來能協助促進台灣及世界更永續；
- [5] 團隊共同合作由規劃設計至建置及維護一個循環型 DIY 環保都市農園；
- [6] 較少有機會接觸跨領域的創新創意設計；
- [7] 相信其他學校亦甚少有類似的課程。

預期所開發的課程及教材可彌補上列的不足，讓大學生能有更完整的知識與能力。

(3) 研究範圍

研究範圍分為課程規劃、教學相關資源及評量方式三大部分說明之：

- [1] 課程規劃：所規劃的課程為單一通識課程，所擬開發的教材單元主題如研究架構中所列，將在之後研究方法中詳細說明各單元教材開發方向、準備方法及內容，亦包括各單元之間的整合性。各單元的內容亦預期可作為其他相關課程的部分單元，亦可供開授服務學習課程。
- [2] 教學相關資源：需要三個教學資源：[1]示範場：在交大環工館 5F 屋頂建置一個示範場；[2]準備教具(含套件相關材料、培養土及種子或種苗)供學生學習及建置循環型 DIY 環保都市農園，所有可再利用的教具亦將回收供後續課程再開課時使用；[3]課程

輔助系統：將使用臉書的私密社團輔助課程運作，亦將自行以 PHP 程式語言結合 MySQL 資料庫建立一個課程專屬的輔助系統。

- [3] 評量方式：將分為以下：[1] 期初與期末線上問卷調查；含所傳授知能評量；[2] 學生團隊合作表現；[3]在臉書社團中分享成果；[3]進度報告；[4]成果短片:由各組拍 3-5 分鐘間的短片介紹其成果；[5]期末報告。

(4) 研究對象

以 20 位大一學生(不限科系)為主，亦試著觀察不同領域學生學習成效之差異。為跨領域通識課程，學生不必先備其他經驗，也期望所教授的內容可以讓學生在大學的學習過程中能應用在其專業領域上及啟發他們的創意與創新，甚至未來能結合其所學習的專業領域發想出更永續的技術、產品或服務。

(5) 研究方法及工具

研究方法主要分為五大部分[1]教材準備；[2]教學示範場建置；[3]準備教具；[4]課程輔助系統；[5]學生學習成效評估。以下一一說明之。

[1] 教材準備

由於是新課程，故第一年主要工作之一是準備教材，教材單元包括永續發展、台灣為何需要綠屋頂、循環型 DIY 環保都市農園開發與實驗歷程、園藝植栽、循環型 DIY 環保都市農園實作、循環經濟、生命週期思考、綠色設計、食物里程、社會企業等單元。

[2] 教學示範場建置

建置一個教學示範場，如右圖所示，已在在交大環工館 5F 屋頂建置了一個示範場，包含各型式的示範教學示範區、實作區等。



[3] 準備教具

分為 4 組每組 5 位學生，每組建置 1.25 平方公尺面積農園，加上備料，教具材料包括

- (a) 套件：包括盆型相關套件，含基盤、套蓋及盆件等；
- (b) 回收寶特瓶：學生分組團隊自行收集各組所需的回收瓶數量。
- (c) 材料：包括引水條、保護層、底層、黏扣帶、培養土及種子種苗等。

除了消耗性的材料，例如套件及培養土將於課程結束後回收，套件會於後續課程中再利用，培養土則將以蚓肥補充其肥力後再用。其他材料若仍耐用亦將回收再使用。

[4] 課程輔助系統

課程輔助系統主要分為臉書社團及課程運作二部分：

- (a) 臉書社團：分為二部分，一個用於整個課程，只有一個；各分組自行成立社團，供各分組團隊討論。
- (b) 課程運作：包括期初及期末問卷線上填寫、線上點名、成績公佈等，自行以 PHP 程式語言結合 MySQL 資料庫撰寫一些程式供學生以手機簽到及查閱其個人成績等。

[5] 學生學習成效評估

學生學習成效依據教學目標，分為問卷與質化二部分評估，以下分別說明之：

問卷部分

- (a) 期初問卷：參考 Neill(2008) 所提供的 Life Effectiveness 問卷部分內容設計一份能了解學生在學習前的情形，包括是否符合假設條件以及相關知能經驗，是一份線上問卷讓學生上網填寫。
- (b) 期末問卷：同期初問卷，試著了解學生在學習前後的成長情形。此二份問卷未列入評分依據，單純用以了解學生成長情形。

質化部分

- (a) 學生團隊合作表現：學生團隊在整個學期需要合作進行都市農園相關工作，分工及合作模式都將需要各團隊自行協調及建立適當的模式。
- (b) 進度報告：讓學生製作一個短片在課堂中播放其進度。
- (c) 成果分享：由組隊、討論、規劃、準備、合作建置、維護至期末的整個過程，都鼓勵學生們記錄，也包括影像/音部分，請學生合作製作一個 3-5 分鐘的成果影片。
- (d) 社群臉書社團：成立一個臉書社團供各團隊發表及討論各階段的成果。
- (e) 期末報告：分為個人及團隊二部分。

討論與建議部分

- (a) 課程參與討論及建議：在各團隊在個人發表成果後的提問與討論。
- (b) 教學輔助系統中填寫討論及建議。

[6] 實施程序

實施程序包括九部分：

- (a) 收集資料：收集各單元教材及問卷相關資料。
- (b) 準備教材：準備課程各單元教材。
- (c) 設計期初/期末問卷：參考所收集的資料及課程內容與特性設計問卷。
- (d) 建立課程輔助系統：撰寫程式建立課程輔助系統，包括線上問卷。
- (e) 準備教具：循環型 DIY 環保都市農園相關材料。
- (f) 實際授課：包括指導各學生團隊規劃、建置及維護循環型 DIY 環保都市農園。
- (g) 準備期末評量：評量學生對所傳授各項知能接受之情形。
- (h) 整理教學成果：將依整個學期的記錄及各分組的成果整理。
- (i) 分析及檢討教學成效：依期初、期末問卷及期末評量評估學生在修課前後的成長情形。亦將依據教學成果的資料分析可再改善的地方改善教材。

[7] 資料處理與分析

此部分工作包括五大部分：

- (a) 分析教學歷程記錄：包括臉書社團及臉書私訊中與學生們之互動訊息、相片、文件、檔案及影音資料，主要整理出應檢討改進的地方，並據以研擬改善方向及作法。
- (b) 分析問卷及期末評量：依據期初與期末問卷與評量結果及平時教學觀察記錄分析學生及各分組團隊成長情形。
- (c) 整理教學成果：依據平時的教學記錄及學生與各分組團隊的成果（含影音）整理一份教學成果。
- (d) 檢討教材及課程運作：依據前述資料檢討教材及整個課程準備與運作待改進的地方。
- (e) 研擬後續課程改善方向與作法：依據上述待改進的地方研擬改善方向及具體作法。

四. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

(1) 教學過程與成果

[1] 準備：成立臉書私密社團及開發課程網路系統（包括簽到、個人簡介與分組、問卷、成績、填寫建議及統計等）



[2] 選修：因受限研究所教室空間有限，限 20 名學生選修，未限制各系人數，實際選課人數：機械系 13 位；光電系 2 位；傳科系 1 位；資工系 1 位；百川學士班 3 位。

[3] 臉書私密社團：如上圖所示，邀請每位同學及助教加入，除了討論，之後亦供分享成果及繳交期末報告與影片等。

[4] 期初問卷：在上課第一週請同學上課程網路系統填寫，共有 25 個問題，主要分成幾個部分：(a)對於永續發展等的了解程度?(b)對於園藝植栽種菜等之經驗;(c)自我評估，包括團隊合作等。

[5] 組隊：分成 4 組每組 5 同學，由 4 名研究生擔任助教協助。

[6] 參觀建立示範教學場：如右圖所示。

[7] 尋找場地：由各組在校園中自行尋找適當的場地建置循環型 DIY 環保都市農園，在助教協助評估下最後選擇綜合一館一樓及 5 樓建置。

[8] 規劃農園：依場地、構想及團隊（含與同一場址的不同團隊合作）規劃。

[9] 選擇植物及準備器材：由分組團隊自行討論選擇擬種植的植物種子，優先用種子栽培；培養土則依園藝植栽教學的原則選購及準備；準備套件與材料；準備回收瓶。

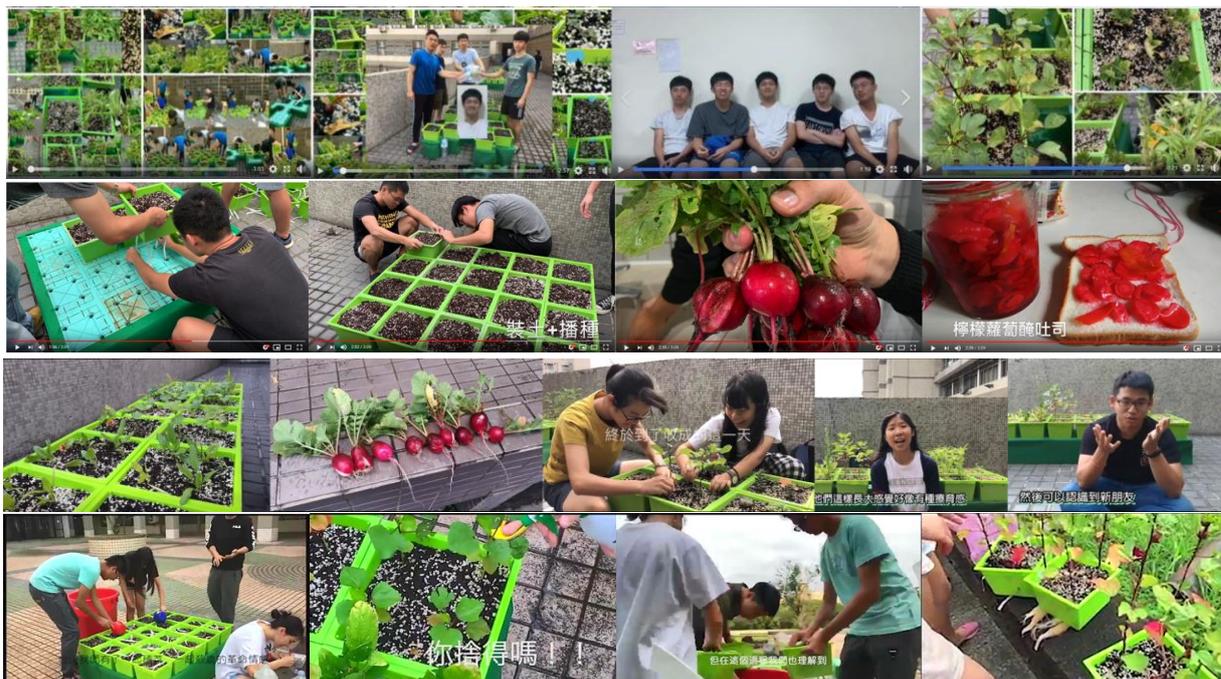


[10] 建置農園：依規劃團隊共同合作建置建置農園。以下為各組期初及期中成果。



[11] 授課：前述各單元。

[12] 成果分享：各小組製作短片展示進度及成果。以下為四組所製作影片截錄。



[13] 期末報告：分為小組及個人（分析一個循環型農園或循環經濟案例或主題）二部分。

[14] 期末問卷：同期初問卷，主要了解學生一學期後的成長情形，包括課程的接受度及相關建議，亦將作為後續改善教材及課程運作之依據。分析部分問卷發現有同學並未認真填(例如全部填選同一答案)，故未納入分析，比較期末與期初問卷，有關永續發展等內容，絕大多數同學都有學到所傳授的內容，只有少數單元如綠色設計有一位同學、綠屋頂一位同學、社會企業有二位同學仍不太了解，主要原因是有的同學在講授這些單元時缺席；所有同學在上完此門課後都喜歡植物，包括有 3 位在上課之前並非喜愛植物者。

(2) 教師教學反思

[1] 感受：由於向來教研究所學生，一開始有一點不太習慣教大學部學生，對於大學生一些習慣仍頗不太能接受，包括坐第一排中央吃早餐、每次都有 1/3 學生遲到、課堂上滑手機滑到笑出來等，這些情形都是在教研究生時不太會碰到的情形，幸好仍有 3/4 學生認真，整個教學過程還算可以接受。

[2] 未來改善方向：

(a)機械系有 13 位，未來再開課時將改為限制每系至多 5 人，以增加多元性；

(b)實作場地事先決定:今年讓同學自行找雖可培養解決問題團隊合作及與空間管理人員溝通的能力，但會因此拖延可實作的時間，未來宜事先決定，讓實作可分為二期進行；

(c)實作增加為二階段. 第一次用種子種菜後辦火鍋會吃自己種的蔬菜，第二次扦插為主(補蚓肥)；

(d)除了蔬菜及香草，也試著增加其他實作，如百香果等。

(e)減少較專業的授課內容，增加實作內容；

[3] 整體教學成效：雖是第一次開課且沒有教大學部學生的經驗，但一學期下來感覺良好，所規劃的課程內容雖然仍有上述應改善的內容，但應頗適合推廣至各領域。未

來預計首先推廣至校內其他服務學習課程，然後向校外推廣，若參與教師夠多，則共同合作撰寫相關教科書及試教。

(3) 學生學習回饋

- [1] 普遍很訝異能在大學的通識課程中學種菜及香草，甚至更訝異可以在水泥地上進行；
- [2] 與不同系同學合作種菜香草及製作成果影片是頗新的體驗，也促進同學合作完成專題的能力。
- [3] 除了少部分缺課同學，大部分同學能了解所授課的內容。
- [4] 希望能增加實作。
- [5] 四組所製作的成果短片都很棒，也在其中分享了學習過程及回饋，團隊合作優異。

五. 參考文獻(References)

日經 BP 社，(2006)，「屋上綠化 2」，日本。

台灣綠屋頂暨立體綠化協會，(2012)，「我愛綠屋頂」，城邦文化事業股份有限公司麥浩斯出版，台北。

李京澄，(2010)，「綠屋頂之降雨截水能力分析」，國立交通大學，碩士論文，新竹。

陳泓翔，(2014)，「中空式綠屋頂降溫實驗分析」，國立交通大學，碩士論文，新竹。

錫瑠基金會，(2019)，「你也能有綠屋頂」，錫瑠環境綠化基金會，台北。

陳淑君，(2012)，「企業建築綠覆指標之比較-以溫室氣體減量為基準」，國立交通大學，碩士論文，新竹。

周政隆，(2013)，「企業綠屋頂節能與環境效益評估」，國立交通大學，碩士論文，新竹。

社企流，(2018)，<http://www.seinsights.asia/> (accessed on 2018/01/07)。

彭聖閔，(2017)，「回收寶特瓶為基座組合式植栽大盆件套件開發設計」，國立交通大學，碩士論文，新竹。

農委會，(2016)，農業指標—糧食自給率，<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/indicator/Indicator.aspx> (accessed on 2018/01/15)。

環保署 (2017)，回收量統計表。<http://recycle.epa.gov.tw/recycle/result/回收量86年-105年.pdf>。

Berndtsson, J. C. (2010). "Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review." *Ecological Engineering*, 36, pp. 351-360.

Bruce, T. (2011). *Learning Through Play: For Babies, Toddlers and Young Children* (2nd ed). London: Hodder Education.

BSI. (2017). BS 8001: 2017 A new standard for the circular economy. The British Standards Institution, UK.

Castleton, H. F., Stovin, V., Beck, S. B. M., Davison, J. B. (2010). "Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit." *Energy and Buildings*, 42, pp. 1582-1591.

DIYGreen. (2018). <http://diygreen.ev.nctu.edu.tw> (accessed on 2018/01/15).

Engelhaupt, E. (2008). "Do food miles matter?". *Environmental Science & Technology*. 42: 3482. doi:10.1021/es087190e.

- English Outdoor Council. (n.d.). ["High Quality Outdoor Education"](#) (PDF). English Outdoor Council. Retrieved July 19, 2013.
- Ernest; Monroe (2004). ["The effects of environment-based education on students' critical thinking skills and disposition toward critical thinking"](#). *Environmental Education Research*. **10** (4): 522. Retrieved 14 March 2014.
- EU. (2017). Life Cycle Thinking and Assessment. European Commission-Joint Research Centre. <http://lct.jrc.ec.europa.eu/> (accessed on 2017/12/31).
- Fiksel, J. (2009). Design for Environment, McGraw-Hill, ISBN 0-07-118973-4
- FLL. (2002). *Guideline for the Planning, Execution and Upkeep of Green-roof sites*. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. Bonn.
- Kudryavtsev, A., Krasny, M. E., and Stedman, R. C. (2012). ["The impact of environmental education on sense of place among urban youth"](#). *Ecosphere*. **3** (4): 1–15. doi:10.1890/ES11-00318.1. ISSN 2150-8925.
- Lang, T. (2006). "Locale/globale (food miles)", Slow Food (Bra, Cuneo Italy), 19, May 2006, pp. 94-97.
- Laville, S. and Taylor, M. (2017). A million bottles a minute: world's plastic binge 'as dangerous as climate change.' The Guardian. <https://www.theguardian.com/environment/2017/jun/28/a-million-a-minute-worlds-plastic-bottle-binge-as-dangerous-as-climate-change>. (accessed on 2018/01/15).
- Li, D., Zeid, E. B., and Oppenheimer, M. (2014). "The effectiveness of cool and green roofs as urban heat island mitigation strategies." *Environmental Research Letters*, 9, pp.1-16.
- Mentens, J., Raes, D., and Hermy, M. (2006). "Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?." *Landscape and Urban Planning*, 77(3), pp. 217-226.
- Neill, J. T. (2008). ["Enhancing personal effectiveness: Impacts of outdoor education programs"](#). PhD thesis. Sydney: University of Western Sydney.
- Susca, T., Gaffin, S. R., and Dell'Osso, G. R. (2011). "Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs." *Environmental Pollution*, 159, pp. 2119-2126.
- The House of Commons. (2005). *Education Outside the Classroom*. Education and Skills Committee.
- USA. (2009). No child left inside Act. <http://www.opencongress.org/bill/hr2054-111/text>
- Vezzoli, C. and Manzini, E. (2008). *Design for Environmental Sustainability*. ISBN 978-1-84800-162-6 e-ISBN 978-1-84800-163-3.
- Webster, K. (2018). The circular economy: A wealth of flows. 2nd ed. Ellen MacArthur Foundation Publishing, UK.
- WCED. (1987). *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press. p. 27. ISBN 019282080X.
- Wiche, P. and Valdiva, S. (2014). *Life cycle thinking in Latin America*. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative.