

中國文化大學教師教學創新暨教材研發獎勵

114 學年度第二學期成果報告書

一、計畫名稱：土地循環碳索與自然解方

二、實施課程

（一）課程名稱：自然資源經營管理

（二）開課系所及年班級：土地資源學系 1 年級

（三）授課教師：陳怡君

三、前言

現今環境與人類生活習慣轉變快速，自然資源發展和保護需要有個綜合管理視野角度，而非僅侷限於關注原始自然環境，尤其人類越來越依賴大城市生活環境，都市地區的土地利用重新建構，亦被認為讓城市更具永續性和提供生態服務的重要產地。因此，如何提升都市內的土地資源有效管理，也是應該在自然資源經營管理的課程中須被重視的。另一方面，在各學術界已知的碳匯系統（如森林、海洋、健康土壤）逐漸被人類視為對抗氣候危機的核心解方之一外，都市中的綠色基礎設施(Green infrastructure, GI)，包括綠色屋頂、雨水花園、生態走廊、城市公園和樹木覆蓋等土地利用型態，皆是有助於提高城市的永續性與減少氣候變遷的主要碳匯系統之一。然而，這些重新建構的土地，雖然符合自然為本(Nature-based Solutions, NbS)核心精神，但往往是在自然資源課程領域講授是被忽略的，學生也難以理解如何將都市已退化的土地重新恢復生機。

此外，面對 2050 淨零轉型與綠領人才需求，土地資源領域已成為氣候治理的重要戰場。不同土地使用方式（開發、農用、棄置、汙染、復育）皆會影響碳排放、碳匯潛力與土壤健康，土地治理與碳管理之間的關係變得更為關鍵。在一般課程中，碳議題常停留在抽象理論與數據計算，學生難以理解「土地就是碳儲存器」與「土地利用決策影響碳循環」等核心概念。為了縮短學用落差、回應 2050 淨零人才需求、改善學生系統思維缺口，課程將抽象理論轉化為操作任務，支持學生從資料、場域、問題、反思中建構真正的土地治理能力。

四、計畫特色及具體內容

（一）計畫特色

本課程以自然為本解方（NbS）為核心精神，透過「碳索、活化、再生」三階段學習設計，引導學生理解土壤與土地如何成為碳中和與淨零的重要角色。課程從千分之四倡議出發，強調土壤碳循環與土地用途轉換對氣候調適的重要性影響。結合都市農園的綠屋頂種碳與循環經濟的土地案例討論，深化學生對自然解方的系統性理解，強化學生「解鎖土壤有機碳的能力」。課程結合自然資源保育、循環經濟與土地再生實踐，引導學生從跨領域視角思考土地永續與氣候行動之間的關聯。課程突破傳統以理論講述為主的教學方式，融入設計導向學習（Design-Based Learning）與場域實作，讓學生從觀察、分析到行動，完整體驗土地再生的過程。課程首先導入國際循環經濟倡議（Ellen MacArthur Foundation）與「自然為本解方」概念，讓學生理解土地利用、資源再生與氣候韌性之間的系統關係。本課程同時與「循環台灣基金會」合作，延伸「永續消費與生產：循環生活探索課程模組」，結合工作坊形式來探討土地循環對於自然資源保護上意義，以建立土地循環議題創新領域課程。

實作方面，學生透過實地調查生活圈周圍不同土地的碳儲存能力，藉由土地碳儲存盤查表單、蹦地圖解謎工具建構土地碳知識圖譜，將抽象的碳管理理念轉化為具體可視的永續行動方案。整體而言，透過此創新教學模式，學生不僅學習科學知識，更能培養以自然為本的永續思維與行動力，成為土地與氣候未來的實踐者。本課程教學培養學生核心能力：

- 跨領域整合力——融合科學數據與社會觀察的分析能力；
- 自主學習力——主動規劃場域調查與資料蒐集；
- 問題解決力——針對土地退化提出創新解方；
- 永續思辨力——理解土地治理與氣候行動的倫理關聯；
- 行動設計力——將循環經濟概念落實於實地行動與政策提案。

（二）執行方法與內容

本課程以土地生命週期概念角度出發，透過循環經濟讓學生理解土地從使用到退化而棄置對環境影響，從而結合綠屋頂種碳與循環經濟的生

物循環案例討論，深化學生對自然解方的系統性理解，引導學生理解都市土地治理可如何成為自然資源經營管理的一環，且成為城市碳中和與淨零的重要角色。因此，課程結合自然資源保育與循環再利用概念，更讓學生在手作與觀測過程中理解「土地作為記憶載體」的意涵，深化對碳循環與生態修復的體驗式學習。本課程講授內容涵蓋土壤健康、土地用途與碳管理關聯、土地碳匯推動策略與案例，課程同時推動學生於校內自主學習土地種碳與監測，課程透過跨週主題引導、小組腦力激盪與場域調查，培養學生辨識問題、分析數據並設計解方的能力。

學生藉由學習以自然為本的解方的土地碳匯管理概念，以自身生活環境為基地，觀察生活周遭半徑 300 公尺範圍的土地利用型態及土壤監測。學生從手機先行下載「國土測繪圖資服務雲」中的「國土利用現況調查成果」，即可透過手機定位理解自我生活周遭土地利用型態(圖 1)，並判別國際上將都市土地分類不同種型態，學生依據不同型態土地的碳儲存潛力(圖 2)，給予評分建議(最低等級為 1 分、最高等級為 9 分)。此外，學生亦使用 Bluelab Pulse 儀器，在每一塊土地進行土壤濕度、導電度、及溫度監測，以確認各土地土壤品質健康狀況，並讓學生對於不同都市土地利用土壤品質健康狀況進行反思。



圖 1、國土利用呈現生活周遭土地利用現況圖

不同土地類型對碳匯增量潛力

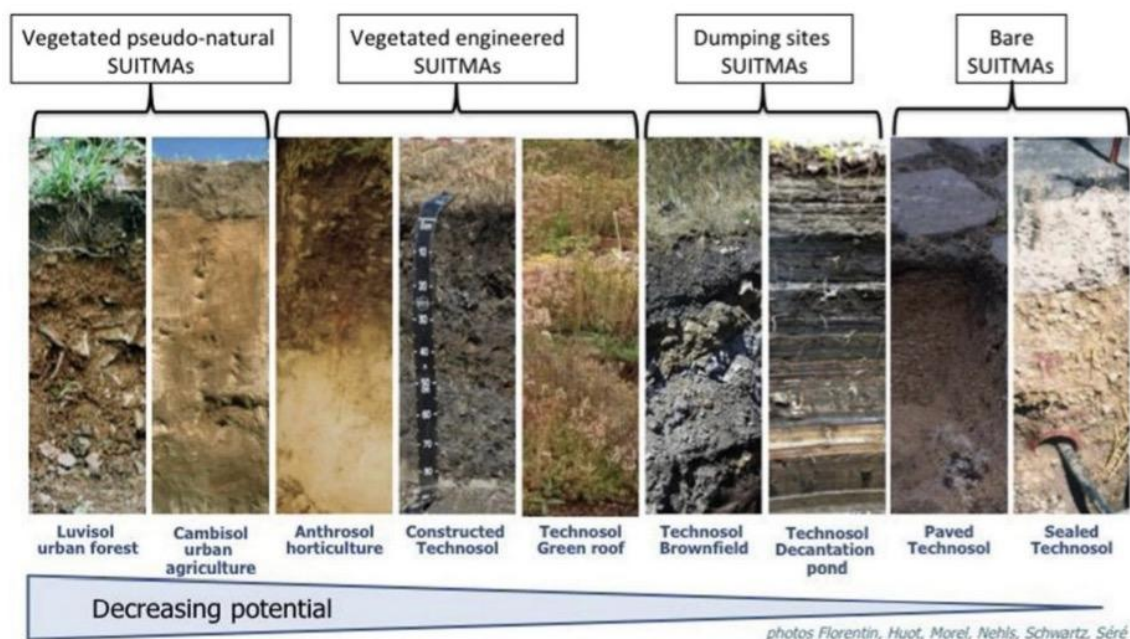
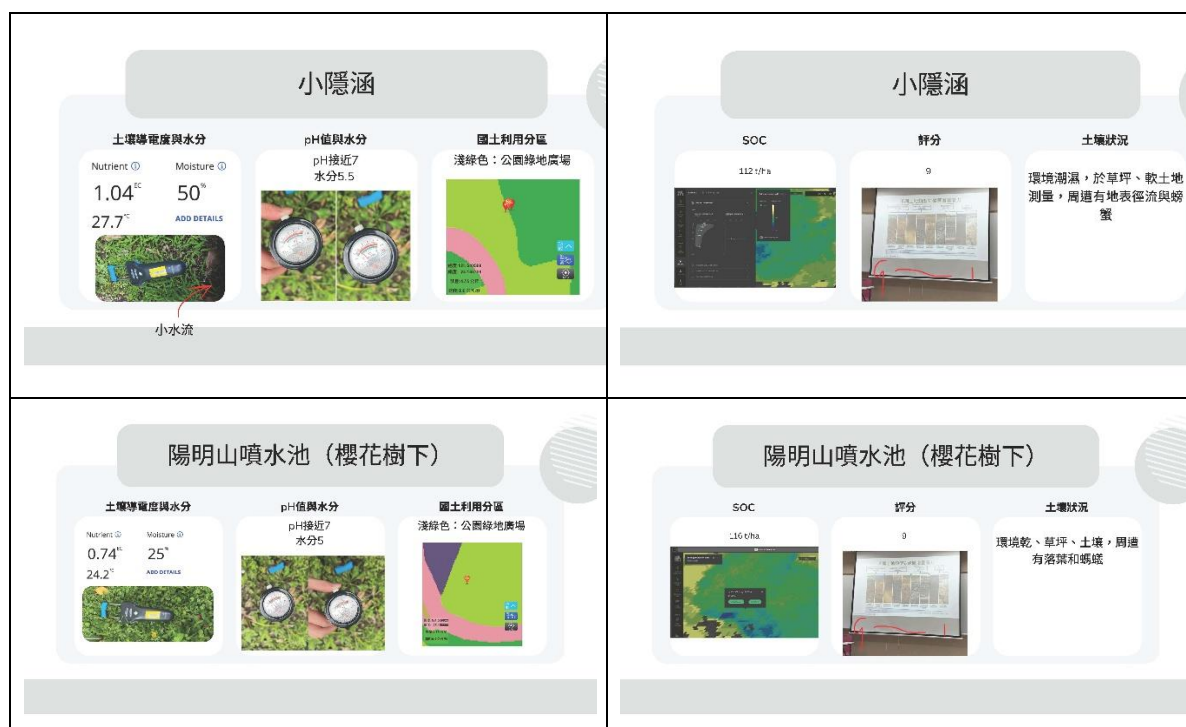


圖 2、都市不同土地用碳儲存潛力圖(右邊最差:評等 1 分;左邊最佳:評等 9 分)

學生已了解不同都市土地用途對土壤健康影響後，學生可使用蹦世界 (PoPworld) 實境解謎工具，讓學生將不同土地利用觀察與監測數據，建立一套土地碳匯知識地圖，產出可作為氣候變遷土地利用類別教材，進一步推行土地碳管理倡議。學生課程期末學習簡報，如下所示：



停車場（大樹下） 土壤導電度與水分 Nutrient (C) 0.74⁺ Moisture (C) 25⁺ 24.2⁺ ADD DETAILS pH值與水分 pH6.8 水分5.1 國土利用分區 暗紫色：道路用地	停車場（大樹下） SOC 13.5 t/ha 評分 9 土壤狀況 多為水泥地，於旁邊的斜坡測量，有樹和少量的草。
旱田 土壤導電度與水分 Nutrient (C) 0.90⁺ Moisture (C) 18⁺ 24.3⁺ ADD DETAILS pH值與水分 pH6.2 水分1.8 國土利用分區 淺黃：稻田	旱田 SOC 1.7 t/ha 評分 9 土壤狀況 環境乾、垃圾多、竹子，於道路旁。
文大（仇人波旁） 土壤導電度與水分 Nutrient (C) 0.91⁺ Moisture (C) 28⁺ 24.6⁺ pH值與水分 pH6.2 水分6.5 國土利用分區 紫色：校園用地	文大（仇人波旁） SOC No information available. 評分 7 土壤狀況 環境乾，有許多草，在樹下測量。

以下為本課程整體教學規劃大綱：

週次	課程主題	內容【說明】
1	課程簡介	解說本課程核心主軸，以及初步測驗學生對於土地利用規劃與碳循環基本概念
2	結合循環經濟的土地利用策略設計	循環經濟工作坊理解土地從使用到退化而棄置對環境影響，讓學生腦力激盪思考各階段土地回復力難易程度
3~4	土地使用環境衝擊再生影響	說明不同土地功能回復力差異與永續管理挑戰，運用 Slido 線上即時問答，並分為兩個階段，引導學生先認識自身與土地利用的關聯，再進一步思考土地使用與復原的觀點與想法
5~6	土地退化與碳儲存關聯	從土地退化講解土壤系統失衡的問題，強化巴黎協定所提出千分之四倡議重要性，同時說明土地治理(例如再生農業、農食循環)的改變與碳循環關聯性
7~8	綠屋頂種土教育課程	運用校園綠屋頂場域，以循環經濟角度出發，學習土地活化與種碳技巧，並提出具有碳循環功能的策略設計

9~10	土地利用碳儲存表單設計	制定場域土地的碳觀察計畫，包含土壤性質、監測項目與建立具有空間規劃的土地碳盤查表單
11~12	小組場域調查	依據課程的碳盤查表單，各小組選定不同土地用途，以場域周遭300公尺範圍，建立場域的土地用途碳庫資料
13	蹦世界 (Popworld) 工具與案例體驗(2場陽明山蹦世界體驗)	介紹與體驗以土地為主題的 Popworld 解謎遊戲，以理解此工具設計重點。課程結束後，各小組須提出本課程”土地再生與碳循環”的10大 Q&A
14~15	碳盤查地圖建置與回饋報告	小組建立土地利用碳儲存潛力地圖，並上台分享碳地圖初步建置成果，並反饋各土地用途的土壤健康特性與差異，以作為小組期末製作蹦世界實境解謎題型發想素材
16~17	國土小宇宙-場域碳索腳本與遊戲設計	從土地生、老、病、死的生命週期階段的環境衝擊，設計不同土地用途的碳索路線與解謎腳本，完成上述解謎腳本的 Popworld APP，並邀請其他小組成員體驗並給予評分與反饋
18	成果報告與反思	小組報告與互評

五、 實施成效及影響

本課程為系上必修課，修課人數共計 33 位。課程設計三個面向[土地資源風險認知]、[鏈結土地碳循環與永續策略]、及[團隊協作與個人反思]來驗證課程實施成效及影響，以對應計畫欲鏈結學生在本課程所學習之「碳索、活化、再生」等土地管理核心精神。課程透過質化問卷設計，探究學生於課程結束後，認知課程設計內容主軸哪一部分符合上述三大面項學習，從學生反饋學習成效結果統計，以可對應各週次課程設計主要達成的教學實踐目標。參與學習問卷施測同學，共計 27 位。課程中學生偏向喜愛實作型與遊戲型課程，例如綠屋頂體驗課、親自手動建置綠屋頂、及土地蹦地圖闖關遊戲等課程為主，如圖 3 所示。雖然學生在喜愛課程偏向實作與遊戲型課程;然，透過質化問卷詢問同學對於課程主軸設計與三大學習對應，由圖 4 統計可知，具備知識度較高的課程，例如[土地利用與土壤碳資料調查]及[土壤監測(三合一簡易調查)]，學生認為可以完全呼應課程學習主軸。

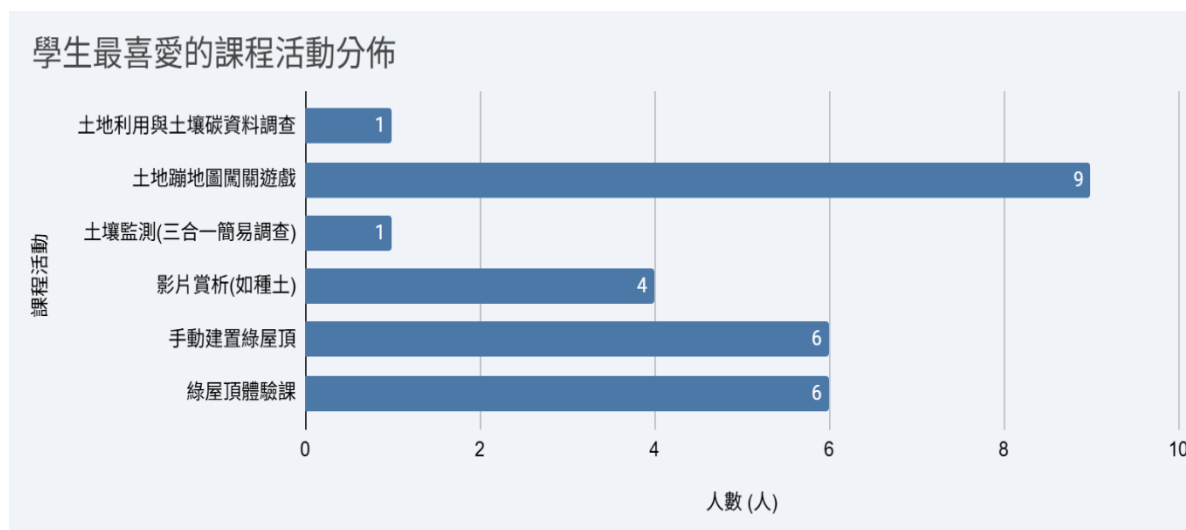


圖 3、學生對不同主軸之課程設計喜愛度統計

1. 土地資源風險認知方面：

土地資源風險認知主要學習目標包含兩個子項，包括 1.1 能辨別不同土地用途對環境的正負面影響、1.2 準確描述生活周遭的土地用途的碳循環等級與影響。課程起始以透過文字雲的方式與學生互動，以詢問同學對於「自己擁有一塊土地的使用方式」開頭，接著講解學生所選擇的土地利用型態對自然造成的傷害，並講解恢復那塊土地所需要的時間，一步步引導學生了解到土地的珍貴和恢復土壤的難度。最後以「我們記憶中的土地觸感」一題，帶領同學學習如何辨別健康的土壤。課程中介紹碳匯的基本概念，特別強調土壤的重要性，說明土壤中的有機質與微生物是碳儲存的關鍵，而健康的土壤需具備良好的孔隙結構與適當的水分含量，才能促進空氣與水分流動，進而維持微生物活動與碳固定能力。透過課程了解土壤特性的差異會影響水分循環、養分保持與碳儲存能力，進而影響整體土地功能，解說土壤性質與土地利用的關聯性的重要，使同學了解土壤孔隙、水分保持與環境功能上的差異。此外，都市土地與農業用地的比較，使同學重新認識對人為配土與碳匯之間的關聯，了解到人為配土並不完全是負面，並進一步了解不同土地利用型態對土壤碳匯能力的影響。在學生學習過程中，學生認知課程設計以[土地利用與土壤碳資料調查]及[土壤監測(三合一簡易調查)]較能呼應課程學習土地風險認知目的(圖 4)，表 1 顯示分別占比為 28%、24%，其次才是實作綠屋頂體驗課，占比 13%。

2.鏈結土地碳循環與永續策略:

鏈結土地碳循環與永續策略主要學習目標包含三個子項，包括 2.1 提出土地碳循環的主要概念、2.2 完整敘述特定土地用途的管理策略、2.3 根據課程內容資訊可讓自己提出土地管理的潛在永續效益。本系列藉由課程問答與討論方式，從經濟、環境與社會三個方面介紹永續發展的概念，引導學生思考以及交換意見，包括「檢視現況：社會、經濟、環境三大面向中，你認為台灣最急需改善的指標是哪一項？」、「理論應用：在你主修的領域中，如何應用『絕對脫鉤』的概念？」以及「行動方案：參考歐盟『自然生產力』指標，台灣企業可以採取什麼具體行動來提升數據？課程也以農食與土地角度，讓學生了解線性經濟模式中每一階段都會消耗大量資源，並造成氣候變遷、土壤退化與資源耗竭等環境議題。以農食業為例，結合土地資源說明循環經濟如何提升土地和生態系的健康並減少環境衝擊，使學生理解循環經濟在實際產業中的應用與重要性。學生藉由「循環台灣基金會」設計農食循環工作坊教材反思，「循環經濟」是透過減量、重複使用、再循環等方式，延長物品的使用壽命，並形成較封閉的循環系統，以降低廢棄物產生與環境負擔。因此，圖 4 與表 1 統計顯示循環經濟工作坊提升學生對於土地管理與永續策略鏈結度提升，占比 12%。除此之外，學生仍表達[土地利用與土壤碳資料調查]、[土壤監測(三合一簡易調查)]、[綠屋頂體驗課]仍可充分鏈結土地碳循環與永續策略的學習目標，占比分別為 18%、20%、17%。

3.團隊協作與個人反思:

團隊協作與個人反思主要學習目標包含三個子項，包括 3.1 清楚表達課程中學到的知識與技能、3.2 對未來生活的土地學習提出具體啟發、3.3 學習到共榮、共好的協作能力。圖 4 與表 1 顯示各項課程設計幾乎符合此教學實踐目標占比差不多，代表除了電影賞析、參觀農場、及工作坊形式較難認知學習團隊協作外，其餘課程設計皆可達到此學習目標，尤其[土地蹦地圖闖關遊戲]、[手動建置綠屋頂]、及[綠屋頂體驗課]這類實作體驗型態課程，可讓學生學習到團隊合作與個人體驗的反思。

學習成效認知學習成效認知統計圖

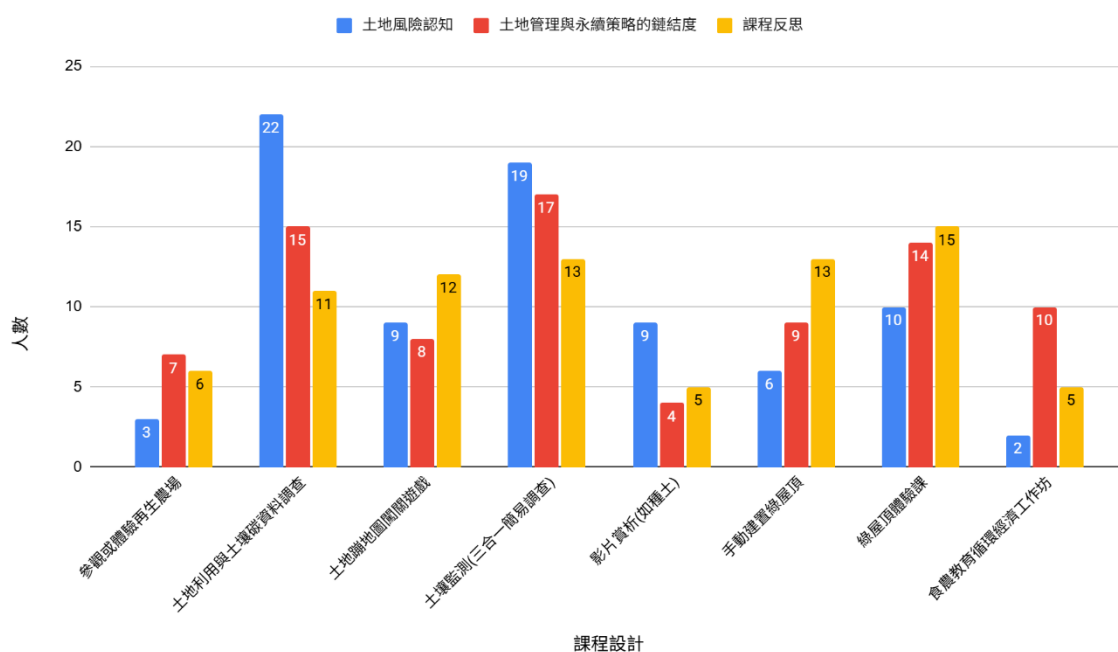


圖 4、學生對不同主軸之課程設計呼應課程教學實踐學習目標認知統計

表 1、學生對不同主軸之課程設計呼應課程教學實踐學習目標比例

課程設計	土地風險認知	土地管理與永續策略的鏈結度	課程反思
參觀或體驗再生農場	4%	8%	8%
土地利用與土壤碳資料調查	28%	18%	14%
土地蹦地圖闖關遊戲	11%	10%	15%
土壤監測(三合一簡易調查)	24%	20%	16%
影片賞析(如種土)	11%	5%	6%
手動建置綠屋頂	8%	11%	16%
綠屋頂體驗課	13%	17%	19%
食農教育循環經濟工作坊	3%	12%	6%

六、 結論

課程結束後，學生自評在「土地風險認知」、「鏈結土地碳循環與永續策略」及「團隊協作與個人反思」三個學習面向學習理解程度，平均得分為 3.41 分(滿分 5 分)，顯示學生對自己的學習成效有中等偏上的信心。圖 5 顯示參與 1 個活動的學生，平均得分為 3.00 分;參與 4 個活動的學生，其平均得分提升至 3.67 分;參與 7 個以上活動的高參與度學生，其平均自我評估得分達到 4.00 分以上。其中，土地風險認知與團隊協作的課程實踐目標皆與學生參與度正相關，且在高度參與課程活動學生對自我學習認知信心提升至 4 分以上，僅有 3 位同學(參與活動 8 次以上)對於土地管理及永續策略鏈結度的自評度下降。然而，課程從期中與期末測驗結果，顯示部分學生雖然對於自我學習信心度不足，但整體成績仍明顯上升，期中測驗僅有 15 位及格，課程學習後，共計有 26 位及格通過測驗，占整體學習生人數 79%，代表學生透過這類型創新教學方法仍獲得明顯學習成效。

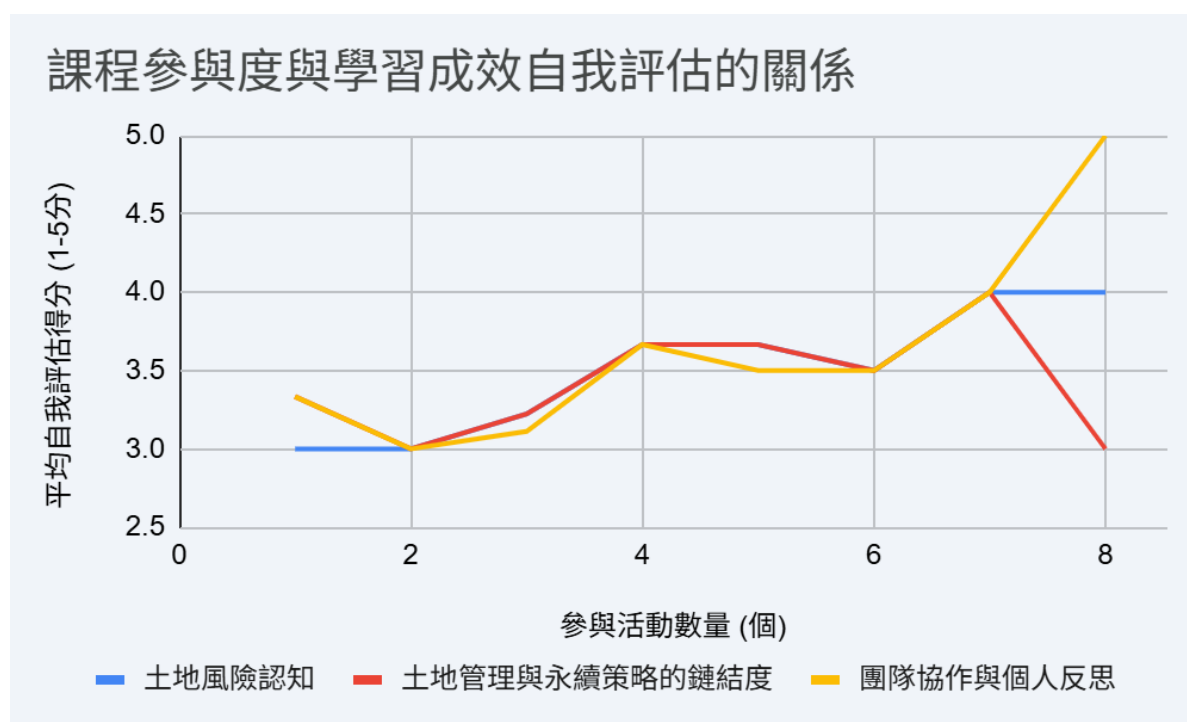


圖 5、學生課程參與度與自評分數趨勢統計圖

七、執行計畫活動照片（請附加說明文字）¹

	
土地品質生態系統服務功能介紹	都市土地特徵課程介紹
	
綠屋頂建置課程介紹	綠屋頂建置配土過程
	
土地品質監測	土地品質踏地圖校外實作
	
食農教育循環經濟工作坊	食農教育循環經濟工作坊

¹ 報告書請自行視需要增列章節；如有牽涉個人或他人隱私之圖片或資訊，請務必去識別化並謹慎運用。

八、 附件