



國立交通大學環境工程研究所

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

新竹市大學路1001號 環工館305室

1001 University Road, Hsinchu, Taiwan 30010, Republic of China

永續環境系統分析室 Sustainable Environmental Systems Analysis Laboratory

E-mail: jjkao@nctu.edu.tw Url: http://jjkao.ev.nctu.edu.tw

TEL: (03) 5731869, 0922-123-208 FAX: (03) 5731759



各級學校校長、主任或教師，您好！

很冒昧打擾您，在科技部及教育部相關科研計畫協助下，本人研究群歷經多年研究已成功開發了全世界第一個以回收瓶為基座的DIY綠花園|綠屋頂(DIYGreen)套件，該套件原型再利用回收瓶為底座，可在任何平坦水泥地上建置出一塊可供種植蔬菜水果或各種花草植物的綠花園，其具有諸多環保食安效益及特點。採用DIYGreen低維護種菜法，新竹以北(以南還沒機會試)戶外使用不太需要太多維護及不太需要加水(靠雨水)即可收成，可在陽台、平地或屋頂DIY建置，小孩及老人家均可DIY建置種植讓自己安心的蔬果。



DIYGreen也適用於環境、食農、永續、實作、生態、自然、社團及綜合課程等相關教學活動中，目前各級學校(含幼兒園至大學)均有一些學校成功的應用DIYGreen於教學中。由於無能力廣泛宣傳推廣DIYGreen，故知道DIYGreen可能還不多，目前期望徵求 貴校一位種籽教師與我們合作在 貴校示範應用DIYGreen於教學活動中，敬請您能支持且將此訊息傳給 貴校可能有興趣的教師，歡迎 貴校教師與我們聯絡(或是提供教師的聯絡資訊給我們)。針對各校的種籽教師，我們今年度已特別空留一些資源，除了以低於成本的優惠價格提供

套件（若經費[含培養土|蚓肥等]不足，我們也會儘可能協助該教師），我們將全力支持該教師在學校的教學活動中進行示範。期待與 貴校一位教師合作，若有任何問題，歡迎隨時與我聯絡。

敬祝 教安

高正忠及DIYGreen團隊 敬上

2020/06



DIY綠花園 (DIYGreen) 資料

網站: <http://diygreen.ev.nctu.edu.tw>

臉書粉絲專頁:

<https://www.facebook.com/nctudiygreen/>

國立交通大學環境工程研究所
Institute of Environmental Engineering
National Chiao Tung University
1001 University Road, Hsinchu, Taiwan 30010, R.O.C

O	+886-3-573-1869
F	+886-3-573-1759
M	+886-922-123-208
A	30010 新竹市大學路1001號 環工館305室
E	jjkao@nctu.edu.tw
W	http://jjkao.ev.nctu.edu.tw
LINE ID	jjkaotw
W	http://diygreen.ev.nctu.edu.tw/(en)
F	https://www.facebook.com/nctudiygreen/
弘化禮幼	https://hh.nctu.edu.tw/hh/hh3/selfintro.php

高正忠 教授
Jehng-Jung Kao, Professor

| 永續環境系統分析 |



以下是之前的媒體報導:

非凡新聞 <https://www.youtube.com/watch?v=yfDagLNCMmY>

自由時報 <http://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1858548>

聯合影音網 <https://video.udn.com/news/578545>



以下是近期的媒體報導:

凱擘大新竹 <https://www.youtube.com/watch?v=YKMYwdSEX4s>

自由時報 <https://health.ltn.com.tw/article/breakingnews/3133177>

聯合新聞網 <https://udn.com/news/story/6928/4490693>

經濟日報 <https://money.udn.com/money/story/5612/4491017>

中時電子報 <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20200414004250-260405>

中央通訊社 <https://www.cna.com.tw/news/alog/202004140221.aspx>

LINE TODAY <https://today.line.me/TW/pc/article/GLyyKZ>

DIYGreen校園應用示範







國立交通大學環境工程研究所

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

新竹市大學路 1001 號 環工館 305 室

1001 University Road, Hsinchu, Taiwan 30010, Republic of China

永續環境系統分析室 Sustainable Environmental Systems Analysis Laboratory

E-mail: jjkao@nctu.edu.tw Url: http://jjkao.ev.nctu.edu.tw

TEL: (03) 5731869, 0922-123-208 FAX: (03) 5731759



DIYGreen 特點

DIYGreen

DIYGreen 具有下表所列三大類特點

模組	改善環境品質	改善居住品質
環境、食農、自然...教育好教具 促進循環經濟 不必作防水 大量原型再利用回收瓶 小孩及長者 DIY 組裝 可彈性擴充 易於維護 可種植蔬菜水果及花卉 省水持續植物供水方式 適用任何平坦面	隔熱降溫節能減碳 零食物里程 減少都市熱島效應 回收/截留雨水供植物生長 減少雨水/排水系統負載 無污水問題 吸附空氣污染物 減少噪音 增加綠地改善生態環境	夜間散熱效果佳 家庭 社區式食安基地 開心農場 延長屋頂壽命 增加開放性與觀賞休閒空間 美觀及增加建築物價值 頂樓住戶受益

[模組]

■ 環境、食農、永續、實作、自然、生態、社團、綜合...教育的好教具

DIY 綠花園套件已在一些學校當作教具供各級學校(由幼兒園至大專院校都有)相關課程或教學活動應用。是學生可以參與實作且有趣的教具。

■ 促進循環經濟

DIYGreen 是循環經濟的好案例，循環經濟希望產業能如生態循環一樣一再循環再利用物質，但它並不只是回收再利用作為次級品，更重要是能創造出更好價值，DIY 綠花園[原型再利用]回收瓶，原型再利用已是回收方法中最佳的方式，而 DIYGreen 不但原型再利用，且更進一步把它用在更有價值的地方，具有改善環境及食安等多重效益，回收容器若採用方型大寶特瓶，一平方公尺可儲存 140 公升的水，估計新竹(甚至台中)以北在非乾旱季節只靠雨水即足以維持植物生長，也讓原本對植栽頗惡劣的屋頂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。

■ 不必作防水

本人曾從事國外很多國家正應用的傳統綠屋頂研究多年，但結論是傳統綠屋頂不適用台灣，主要有三個原因，其中一個即是需要作防水，依德國綠屋頂規範，建置綠屋頂須先

作好屋頂防水，但台灣屋頂普遍怕漏水，且即使作好防水由於地處地震帶，故也不保證之後不會漏水，更困擾的是綠屋頂下有裂漏也不易查覺，等到下方漏水才查覺時已很晚了且不易維修屋頂，需要把傳統綠屋頂移除才能維修，也因而本人覺得它不適合台灣。另外二個原因是夜間不散熱（將在[改善居住品質]特點中說明）及污水（將在[改善環境品質]特點中說明）。DIYGreen 之所以不必防水原因如下列：

- 基盤由寶特瓶架高，未與屋頂表面直接接觸。
- 水主要由植物基質吸收或是進入下方容器中儲存，除了下大雨，一般只有少量會落在屋頂表面。
- 大雨多餘溢流雨水仍很容易可由屋頂表面流出，不會積水。
- 下方透氣層由於氣流流通，不會受潮。
- 下方由於有中空層，很容易檢視屋頂表面的情形。

■ 大量原型再利用回收瓶

國內外都用了大量的寶特瓶及 HDPE 瓶，DIYGreen 可原型再利用回收瓶。

- 台灣一年寶特瓶回收重量，若全部以 600ml 的瓶子計約 45 億支
- 全世界都有類似的問題([Theguardian,2017/06/28:全世界每分鐘約用了一百萬個](#))。
- 雖然已有不少回收再利用的方式將其再製成其他產品，但都需要再耗費能資源再製，且可能有二次污染，[原型再利用]是最環保的回收再利用方式，尤其是用在環境有益的地方，更增加其環境效益。
- 期望大量原型再利用回收瓶於對環境有益的 DIY 綠花園/綠屋頂。

■ 小孩及長者均能 DIY 組裝

在這個人工昂貴的時代，建置一個傳統綠花園或綠屋頂都需要專業人士協助，維護時亦同，因而成本不低且彈性較差。而 DIYGreen 讓小一以上的小孩（大班二人合作也能建置）及長者即可建置及維護。也不必全面覆土，建置時間短。

■ 可彈性擴充

建置面積可大可小，也可分期彈性擴充。

■ 易於維護

- 模組化設計。
- 容易移動。
- 維護方便且容易。
- 容易檢視。

■ 可種植蔬菜水果及花卉

可用於種植各式蔬菜水果及花卉。



■ 省水持續植物供水方式

不少植栽初學者常犯的錯誤是加太多水，加太多水反而會讓植物長不好，植物雖需要水，但其實並不需要很多，重要的是要能長時間持續供水，DIY 綠花園採用毛細現象供水，可持續供應微量足供植物生長的水分，亦能長時間供水，比一般的細滴灌管更省水。

■ 適用任何平坦面

任何平坦面均可建置。(不限放於屋頂，任何平坦面均可建置，唯植物需要陽光，須注意陽光是否能照到)

[改善環境品質]

■ 隔熱降溫節能減碳

隔熱機制

- 回收瓶水瓶層加上瓶間所形成中空層增加隔熱效果，比傳統綠屋頂的隔熱效果更好。
- 植物及其葉面覆蓋遮陽。蒸散作用讓熱量隨著水蒸發而飄散。
- 土壤層(含其孔隙)隔熱及散熱(水份蒸發)。

節能機制

- 隔熱→降低室內溫度→減少使用空調→節能。
- 減少熱島效應→降低城市氣溫→減少使用空調→節能。

減碳機制

- 節能→減少火力發電→減碳。
- 植物透過光合作用將二氧化碳轉變成碳水化合物並以有機碳的型式儲存〔固碳〕於植物或土壤中，減少了二氧化碳在大氣中的濃度。

■ 零食物里程

食物生產後，必須要經過層層配送才能供給都市中的居民，其中包裝及運輸等都會消耗資源與能源，以及排放溫室氣體，而最好的方式就在在自家生產食物，零食物里程，除了[食安]，也是最環保的生產方式。

■ 減少都市熱島效應

台灣的高溫其實很少發生在南部，大部分是發生在中北部，主要原因是受城市熱島效應的影響，要解決熱島效應最好的方法是增加綠地，但台灣因人口稠密已很難擴充綠地，最好的方法是向屋頂及平坦地借地綠化。

■ 回收/截留雨水供植物生長及減少雨水/排水系統負載

可截留雨水供植物生長，減少逕流，延遲尖峰逕流，並因而減少雨水/排水系統負載。

■ 無污水問題

- 傳統綠屋頂會有雨水或澆灌水排出，且會施肥，故會帶出污水，而 DIY 綠屋頂由於大部分水都被寶特瓶貯留，很少會溢流，故不會有此問題。
- 水會流入寶特瓶，與外界不接觸，不會養蚊子。

■ 吸附空氣污染物

植物借由吸附截留與過濾等機制，可減少空氣污染物。

■ 減少噪音

可吸收及減緩噪音之強度及傳遞，尤其是低頻噪音，可減少及減弱噪音。

■ 增加綠地改善生態環境

可供一些生物作為棲息地。

[改善居住品質]

■ 夜間散熱效果佳

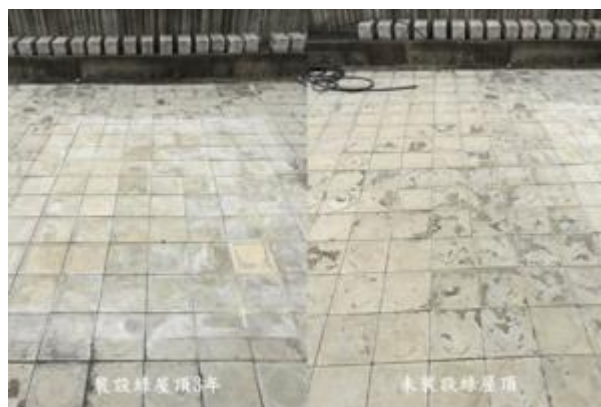
- 傳統綠屋頂在寒冷地區亦可減少室內散熱，在冬天具有一定的保溫功能，但這在台灣是一大缺點，反而讓夜間不易散熱，這對於濕熱氣候的台灣反而會增加空調冷氣之使用。而 DIYGreen 具有中空層，室內熱量在夜間可由中空層散掉，不會把熱悶住。
- 由於植物層不像原來裸屋頂那麼熱，原裸屋頂會吸熱（高溫時甚至高達 60 度），因 DIYGreen 屋頂表面未曝露在陽光下，故屋頂不熱了，因而散熱會更快。

■ 家庭|社區式食安基地開心農場

不必去郊區租或買地即可在自家的陽台門前屋旁或屋頂建置您的綠花園，也可作為幫家人種植安全有機蔬菜的食安基地，社區亦可建置集合式農場，老人家與親子可同樂一起合作經營開心農場。面積尺寸可大可小，可符合不同人數的需求。

■ 延長屋頂壽命

- Peak et al.(1999)、Patterson(1998)及 Gmbh(2000)等文獻指出綠屋頂隔熱，讓屋頂不致日夜溫差相當大，且其土壤及植物可作為保護層，因而可延長屋頂的使用壽命，亦因而減少更換維護費用。
- 右圖是設綠屋頂三年與未設綠屋頂的比較。



■ 增加開放性與觀賞休閒空間



■ 美觀及增加建築物價值

綠花園或綠屋頂都可增進美觀，亦增加建築物的價值。

■ 頂樓住戶受益

由於傳統綠屋頂建置前要先作好防水，故不少頂樓住戶會有疑慮，不願施作，而 DIY 綠花園不但不必作防水，且把 70% 以上(若採用大回收瓶,可儲存超過 85%)的雨水存入瓶子中，讓落在屋頂表面的水少很多，使屋頂更不易漏水，再加上中空層提高白天隔熱及夜間散熱的效果，讓室內溫度下降，頂樓住戶的居住品質會更舒適。



國立交通大學環境工程研究所

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

新竹市大學路 1001 號 環工館 305 室

1001 University Road, Hsinchu, Taiwan 30010, Republic of China

永續環境系統分析室 Sustainable Environmental Systems Analysis Laboratory

E-mail: jjkao@nctu.edu.tw Url: http://jjkao.ev.nctu.edu.tw

TEL: (03) 5731869, 0922-123-208 FAX: (03) 5731759



DIYGreen 理念



雖然常說在不務正業或在玩環工園藝系或環工畜牧系，但其實都不是，我仍然是在作環工研究，並未脫離本行，想解決的是台灣頗難以解決的重大環保問題。作了環工研究多年總覺得自己對於改善台灣環境的貢獻並不大，故幾年前在想我還能貢獻什麼，也就陸續選了三個台灣尚待改善的重大環保問題思考解決之道：

- **熱島效應**：雖然全球有溫室效應導致溫度上升，但台灣溫度上升的幅度高於全球平均值，主要原因是因台灣的城市都有頗明顯的熱島效應，而熱島效應也進一步惡化城市的空氣品質。
- **回收瓶**：此問題是全球性的問題，據英國衛報報導，每分鐘使用超過一百萬個塑膠瓶，此問題甚至有人說即將超越全球性的溫室效應。
- **廚餘回收再利用**：台灣廚餘回收率頗低不到 7%，仍然有頗大改善空間。

事實上，DIYGreen 完全是為了解決環工本業的問題所發展出來的解決方案。一直沒有什麼時間把 DIYGreen 理念寫下來，趁假期較有空將其寫下來供大家參考。

改善熱島效應

台灣城市的熱島效應主要是因綠地不足，但台灣的城市已被水泥森林覆蓋了，很難增加綠地，因而最好的方法是向閒置的屋頂借地，尤其是綠屋頂可隔熱降溫等好處，頗適合在台灣採用，因而在十多年前決定探討綠屋頂。但很可惜，投入三年研究後我的結論是傳統綠屋頂不適合台灣（那時頗失望），傳統綠屋頂在台灣應用有三大問題：(1)需要防水：綠屋頂需要灌溉，故在一些國家的綠屋頂規範中要求要先作好防水，但在台灣這一點很難被接受，即使在一開始作好防水，也難保之後不會漏水（因處在震帶），且萬一有漏水，覆蓋式的傳統綠屋頂很難查覺，等到問題嚴重時已不太好維護，這是頗關鍵的問題；(2)夜間不易散熱：綠屋

頂雖然在白天隔絕太陽光，但同樣的在夜間也讓室內的熱散不出去，台灣夏天室內仍頗悶熱，但傳統綠屋頂反而讓熱散不出去(在寒冷地方如北歐及北加州常用綠屋頂保溫，但台灣夏天悶熱，不能[保溫])，這也是台灣應用綠屋頂一個頗關鍵的問題，唯由於國內建置綠屋頂大多是公部門，建築大多夜間無人上班，故可能查覺此問題的人還不多；(3)會有污水流出：綠屋頂必然需要澆水，水也必然會流出，且流出的水會帶有土壤懸浮微粒，若有施肥也會帶出含氮磷的污水，都有一定的污染。此外，綠屋頂價格不低及維護不易。

本人研究群因而放棄傳統綠屋頂，又花了數年研究，成功開發了適用於台灣且是**全世界第一個以回收瓶為基座**的新型 DIY 綠屋頂，其除了具有傳統綠屋頂所有優點(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)，也解決傳統綠屋頂在台灣應用的三大問題：(1)不必防水：架高沒有接觸屋頂表面，且大部分雨水流入回收瓶，因而不必防水，由於雨水只有很少比例會落在屋頂，因此讓屋頂更不易漏水，也因而減少雨水逕流，減輕排水管負荷且讓城市更不易淹水；(2)夜間散熱佳：由於架高形成中空層，不會把熱悶住，加上白天隔熱，屋頂表面比一般裸屋頂溫度低，因而散熱也比一般裸屋頂快；(3)幾乎無污水：澆灌多餘的水會流入回收瓶中儲存，植栽需水時透過毛细現象由引水條引水上來供植栽使用。DIYGreen 套件讓小一以上小孩（大班二人合作也能建置）及長者均可建置及維護，建置時間比傳統綠屋頂短，且可依需求彈性擴充，維護也很容易。傳統綠屋頂通常只能種耐旱植物，但 DIYGreen 顛覆此情形，讓大家可以屋頂上種菜種花種水果，且非常省水，採用大寶特瓶在新竹以北地區幾乎不必澆水。也不限用於屋頂，陽台及任何平坦面都適用，不必去郊外找地，在屋頂陽台即可種蔬果，也是零食物里程最環保的食物生產方式。

原型再利用回收瓶

國內外都用了大量的寶特瓶，台灣若依環保署所統計的回收總重量全部以 600cc 的瓶子計算，每年約用了 45 億支，世界各國都有類似的問題，且還有 HDPE 瓶，它們的回收再利用也須要改善。雖然已有不少回收再利用的方式將其再製成其他產品，但都需要再耗費能/資源再製，且可能有二次污染。**[原型再利用]**是最環保的回收再利用方式，尤其是用在環境有益的地方，更增加其環境效益。本團隊

所開發的產品可原型再利用回收寶特瓶，除了蓋子以外，整個寶特瓶可原型再利用。且目前已成功擴大應用在 HDPE 瓶。若能大量推廣 DIYGreen（全台灣的屋頂／陽台可以容納非常大量的回收瓶），除了可有效原型再利用回收瓶，且用在更有價值的地方，DIYGreen 不但可供生產零里程讓人安心的食物，更具有諸多環保效益，是一個很棒的回收瓶原型再利用方式。

廚餘回收再利用

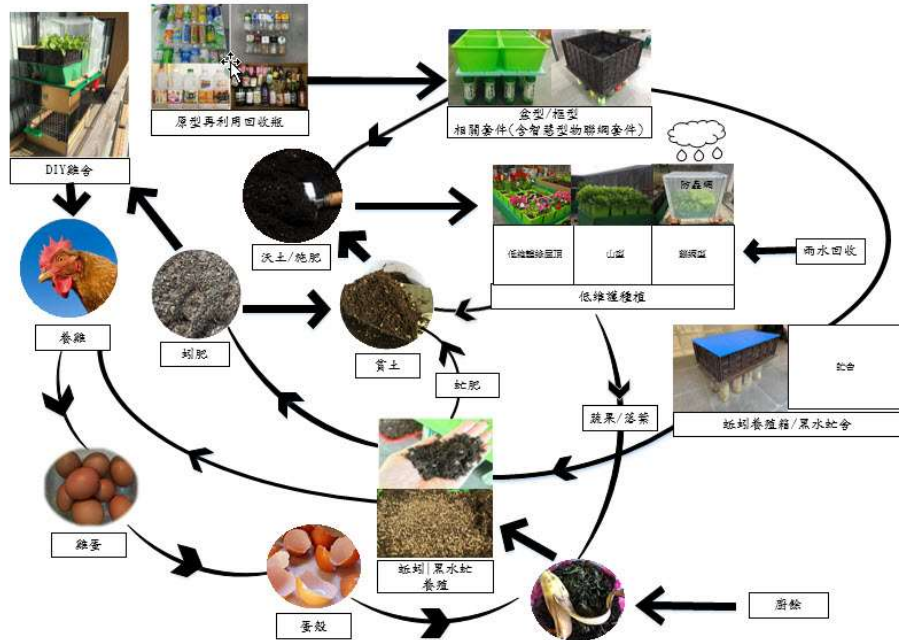
國內目前的廚餘回收處理率不到 7%，仍有很大的改善空間，本人研究群已成功開發蚯蚓飼養箱，其特點是飼養環境乾淨好維護，蚯蚓能食生廚餘（或無油鹽的廚餘）製造極佳且天然肥料供 DIYGreen 植栽生長，養殖蚯蚓需要保持濕度，下方承接的液肥亦可稀釋後作為肥料供 DIYGreen 植栽生長，本研究群也已實驗成功應用蚓肥的低維護種菜法（請參見[[低維護種菜法](#)]網頁說明），讓大家在屋頂陽台即可種出安心的蔬菜，且不太需要維護。蚯蚓養殖正在趙堃鎮專家指導下開發了回字循環養殖法中，即將公開。

唯蚯蚓不吃有油鹽的廚餘，故仍有一大部分廚餘待消化，因而目前正在開發：

- 幾乎無臭的 DIYGreen DIY 雞舍: 正實驗中，預計近期公佈第一版，養蛋雞除了可生蛋食用之外，更重要的是能消化一部分廚餘或繁殖過多不能野放的蚯蚓。在徐政弘先生指導下，DIYGreen DIY 雞舍具有一個重要特點，即不必清雞糞也不會有什麼味道。主要原因是因採用蚓肥作為地墊，其可分解雞糞讓其不會發出惡臭且不必清理。養雞實務則在徐志豪先生指導下，已成功飼養了二年多，剩一個細節正實驗中，成功後即會公開。
- DIY 蛇舍: 黑水蛇是另一個有益的昆蟲，且能食大部分廚餘，也一樣能生產有機肥，亦可供餵雞。國內目前找不到此方面相關研究，目前已請教陳世雄校長及林信仁牧師等專家，雖然難度明顯高於 DIY 雞舍甚多，目前已開始進行設計及實驗，相信可在二至三年內完成。

DIY循環型都市農園 (極佳的循環經濟示範)

右圖是預計完成的 DIY 循環型農園架構，讓家戶|社區即使沒有土地，也可在屋頂陽台或水泥地上 DIY 造出一個家庭|社區循環型農園，不需要很大面積即可滿足一個家庭需求。



改善環境問題須由源頭作起才是最有效率的作法，廚餘自行消化製造有機肥才是最好的廚餘循環處理方式，最安全有機的蔬菜|雞蛋是自己種的菜|自己養的雞生的蛋，讓每個屋頂陽台水泥地都綠化可有效改善熱島效應，也可淨化空氣，也讓原會造成環境負擔的回收瓶變成改善環境食安及回收雨水的重要工具。

歡迎一起來玩 DIYGreen!!!

交大環工所 高正忠教授 敬邀