

# 陸、農業淨零碳排

## 柑橘果園栽培管理及地被植物種類對土壤碳匯影響

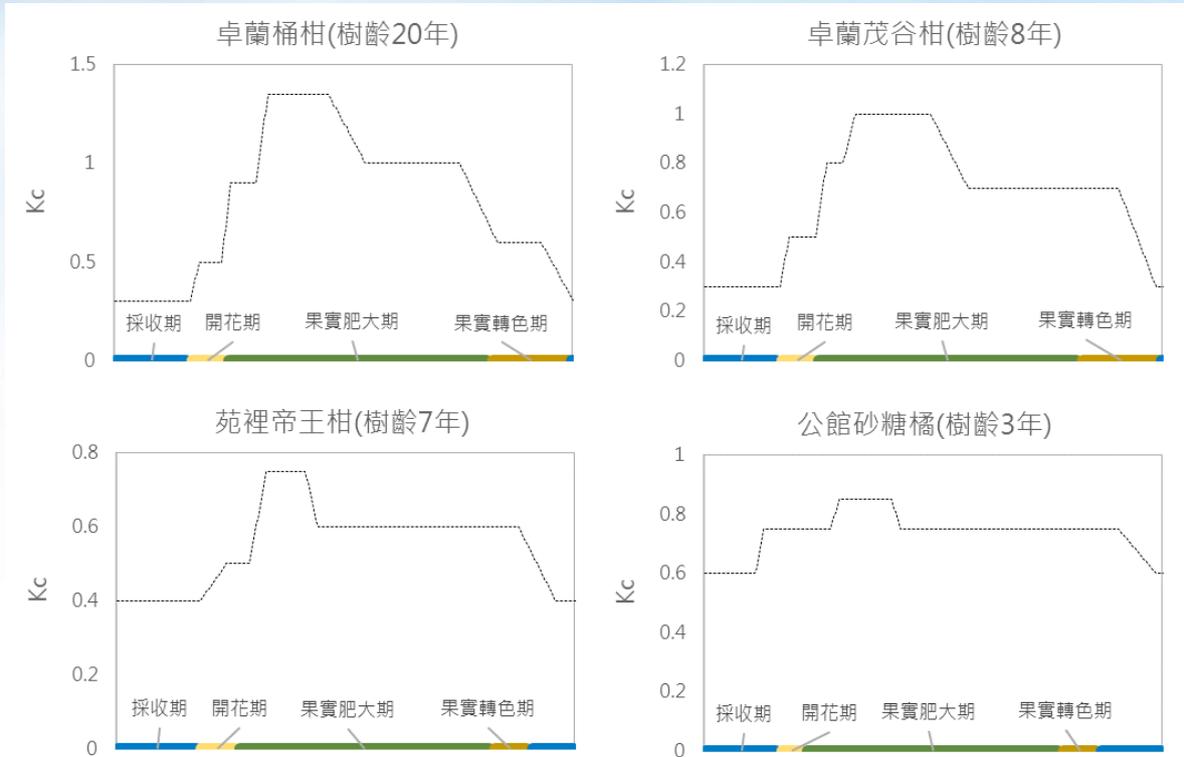
目前研究得知草生栽培能增加農田土壤碳匯效益，本計畫進一步探討果園管理方式及地被植物種類對柑橘果園土壤碳匯的影響。果園草生栽培管理方式為保留地被植物、定期割草及定期割草並再使用除草劑，另篩選四種適合果園生長之地被植物石莧（*Phyla nodiflora* (L.) Greene）、蠅翼草（*Grona triflora* (L.) H.Ohashi & K.Ohashi）、金腰箭舅（*Calyptocarpus vialis* Less.）及心葉水薄荷（*Clinopodium brownei* (Sw.) Kuntz）定植於柑橘果園近一年後，分析對土壤碳匯的影響；結果顯示保留地被植物為主的果園管理方式土壤碳匯量增加 19.33%，定期割草及定期割草並使用除草劑則分別減少 13.73% 及 32.69%，由此可知保留地被植物的果園管理方式可有效增加土壤碳匯量，使用定期割草及除草劑則降低土壤碳匯量；另評估地被植物對土壤碳匯效率，四種地被植物以石莧累積碳匯量較高，達 9.40 噸 / 公頃，其次依序為心葉水薄荷（8.62 噸 / 公頃）、金腰箭舅（3.12 噸 / 公頃）及蠅翼草（2.28 噸 / 公頃），而原生草種則減少 0.12 噸 / 公頃，顯示地被植物的選擇對土壤碳匯效益具有顯著影響。另光適應性分析顯示，石莧及蠅翼草適應中高光環境，金腰箭舅適應中光環境，心葉水薄荷則是和耐陰性強遮陰區域生長。綜上結果可知不同地被植物與管理方式影響果園土壤碳匯，有效光合作用配置地被植物空間分配可提升果園土壤碳匯效益，提供果園土壤及草生栽培管理提供參考。



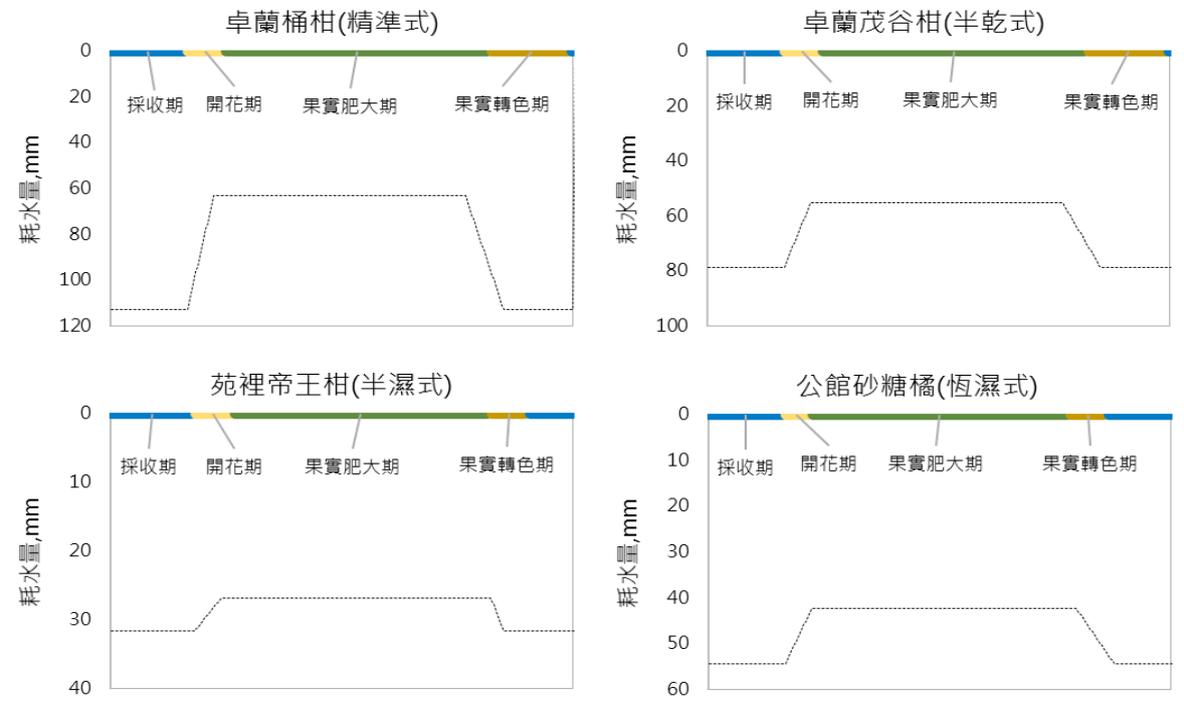
▲四種地被植物型態 (A：石莧、B：蠅翼草、C：金腰箭舅、D：心葉水薄荷)

## 苗栗區柑橘灌溉模式建立與驗證

本研究使用灌溉管理模型評估不同鄉鎮產區柑橘需水量，並驗證柑橘作物常用灌溉模式，卓蘭桶柑位於丘陵台地，依據土壤張力值灌溉，為精準式灌溉；卓蘭茂谷柑位於山坡地，除開花期外多不灌溉，為半乾式灌溉；苑裡帝王柑位於山谷半遮陰平地，土壤水分含量監測值降低時灌溉，為半濕式灌溉；公館砂糖橘位於平地，除降雨外每日上午及下午設定灌溉，為恆濕式灌溉。場域設置氣象站計算每日 ETo，埋設電容式水分感測器以追蹤土壤水分歷時變化，並調查作物生育階段及灌溉量等。卓蘭地區 ETo 約 1,250 mm，公館 1,240 mm，苑裡 982 mm。卓蘭桶柑 (樹齡 20 年)，Kc 值由生育初期 0.3 逐漸升至 1.3，卓蘭茂谷柑 (樹齡 8 年)，Kc 值 0.3 至 1.0，苑裡帝王柑 (樹齡 7 年)，Kc 值 0.4 至 0.75，公館砂糖橘 (樹齡 3 年)，Kc 值 0.6 至 0.8。開花後至果實肥大期灌溉適值，精準式灌溉為田間容水量之 0.32 倍，半乾式為 0.40 倍，半濕式為 0.35 倍，恆濕式為 0.30 倍，果實成熟及採收期灌溉適值，精準式灌溉為田間容水量之 0.57 倍，半乾式為 0.57 倍，半濕式為 0.40 倍，恆濕式為 0.45 倍。模型評估需水量結果，推薦灌溉大多於開花期前後及果實肥大期間，卓蘭桶柑為精準式灌溉，推薦灌溉 140 mm，實際灌溉 63 mm。卓蘭茂谷柑為半乾式管理，推薦灌溉 140 mm，實際灌溉 30 mm。苑裡帝王柑為半濕式管理，推薦灌溉 110 mm，實際灌溉 105 mm。公館砂糖橘為恆濕式管理，推薦灌溉 450 mm，實際灌溉 1,150 mm。由於降雨量的影響遠高於灌溉，使土壤水分差異並不顯著，各場域不同小區間，除了桶柑開花率達到顯著性差異，以及茂谷柑及桶柑葉片葉綠素含量在 5 月 14 日有顯著性差異，其餘場域各處理之開花率、著果率、果長、果寬、葉片 SPAD、淨光合作用率及氣孔導度差異並不明顯。

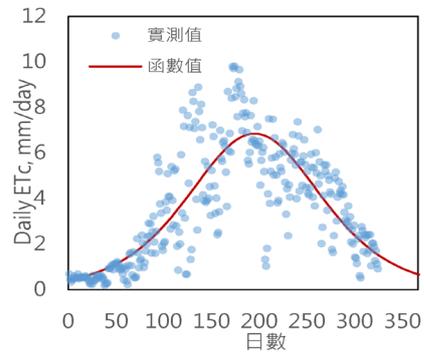
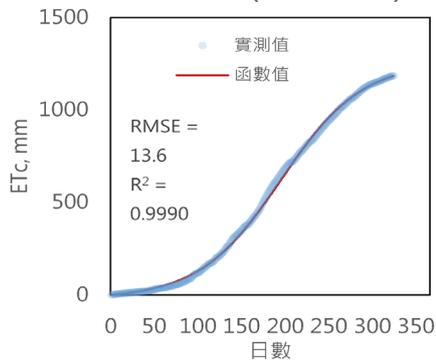


▲各場域柑橘生育期灌溉適值

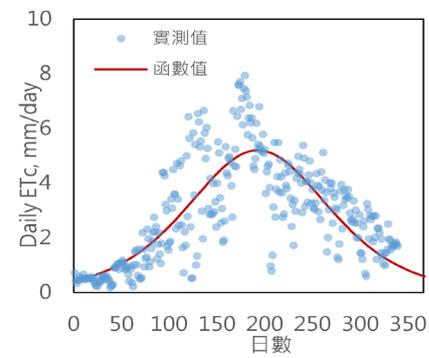
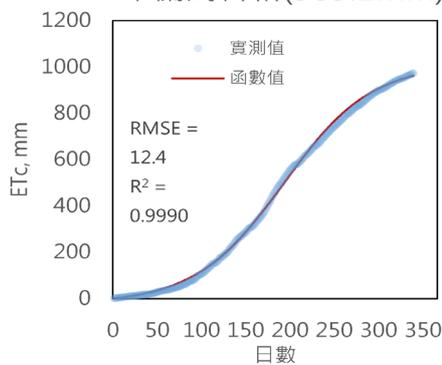


▲各場域柑橘生育期灌溉適值

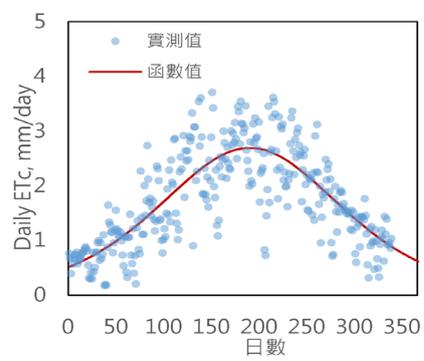
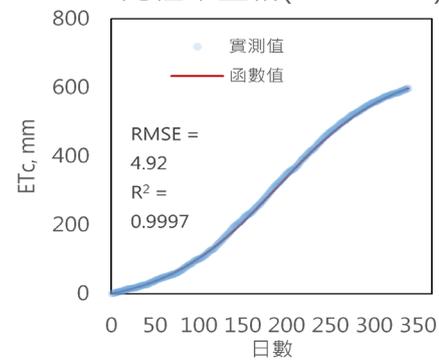
卓蘭桶柑(1228mm)



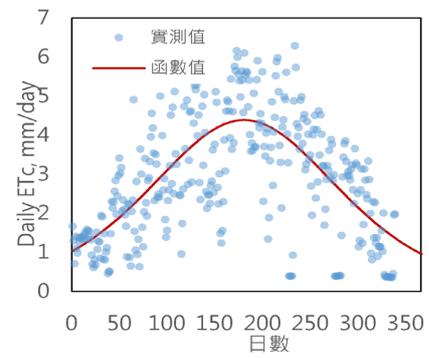
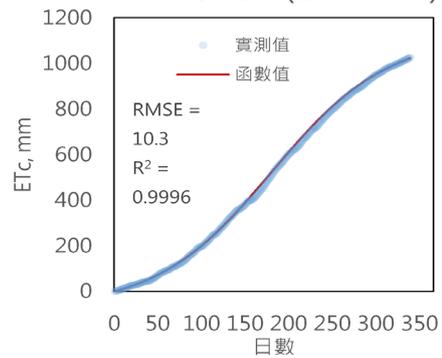
卓蘭茂谷柑(983.1mm)



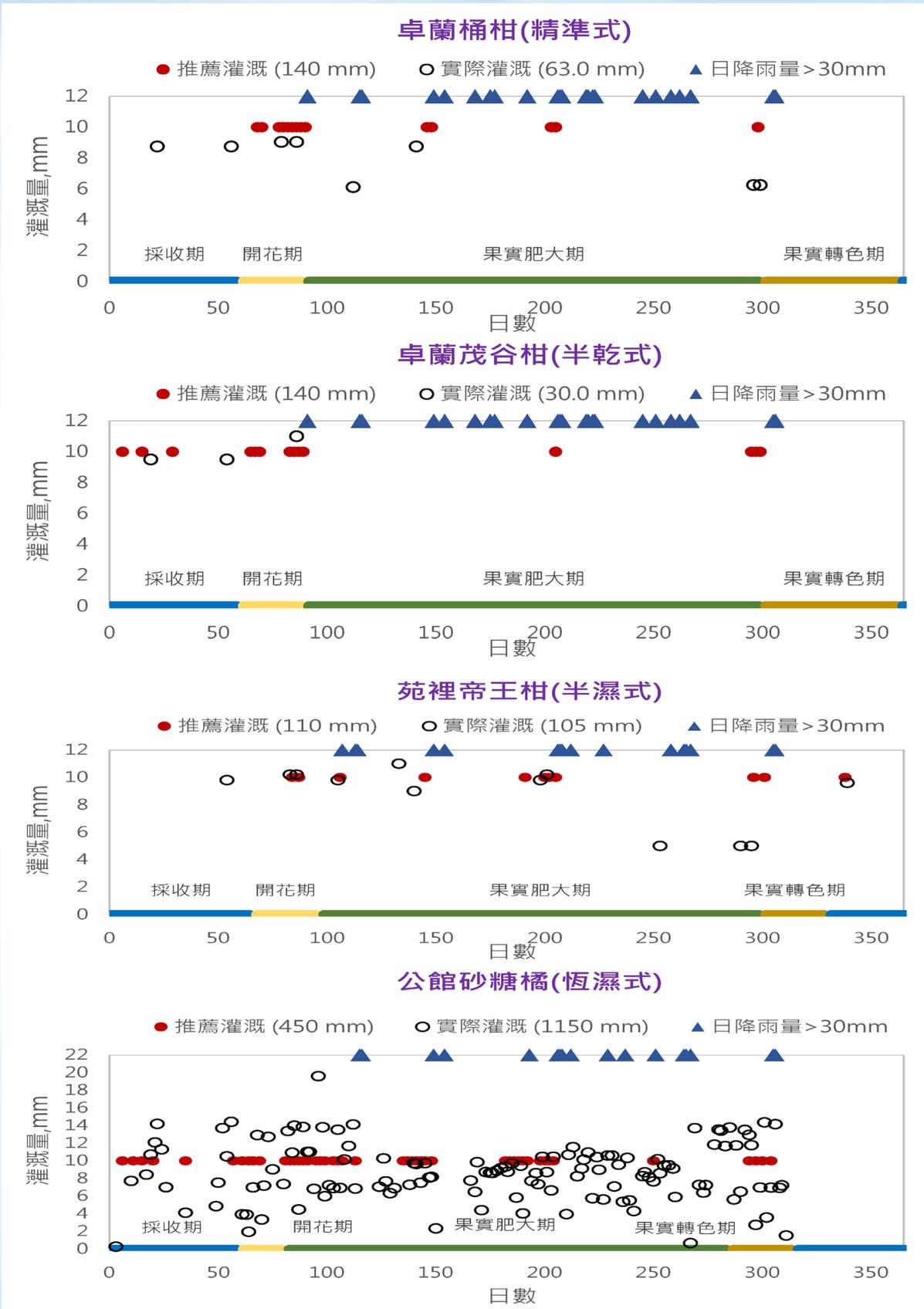
苑裡帝王柑(617.6mm)



公館砂糖橘(1055mm)



▲各場域柑橘作物累積 ETc (左) 及每日 ETc (右)



▲各場域實際灌溉量與推薦量之比較，三角形標記為 >30mm/day 之降雨日

## 苗栗地區水稻農業碳排係數建立及稻稈處理減排之應用研究

選定水稻栽培面積最大 (A5b 非石灰性淺層排水不完全沖積土) 及次大 (A2b 非石灰性中質地排水不完全沖積土) 之土壤管理組，規劃 3 處水稻場域。水稻品種臺南 11 號 (依實際農友需求選擇)，氮用量：一期作 160 公斤 / 公頃、二期作 100 公斤 / 公頃。磷鉀肥用量依據土壤分析結果推薦用量。試驗設計：分為慣行區及稻稈移除區，每區設置 3-5 個固定取樣點。公館大坑段二期作增設肥料變級，分為 0、50、100、150 等 4 種，設置 28 個固定取樣點。溫室氣體量測採密閉罩法，密閉罩半徑 15cm，密閉罩高度依作物生長高度調整，量測頻率：每週 2 次 (星期一、星期四)。量測時間：上午 9 點至下午 1 點。使用儀器：LI-7810(CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>)、LI-7820(N<sub>2</sub>O)，測量時期：於耕犁之前開始監測，調查至二期作水稻收穫為止。每次採樣紀錄土壤氧化還原電位，並採取土壤分析全氮、全碳及有效性氮含量。溫室氣體排放量測結果，一期作 CH<sub>4</sub> 排放係數為 1,598(苑裡鎮安段)、2,358(苑裡南山段) 及 280(公館大坑段) kg ha<sup>-1</sup> season<sup>-1</sup>，二期作 CH<sub>4</sub> 排放係數為 489(苑裡鎮安段)、698(苑裡南山段) 及 503(公館大坑段) kg ha<sup>-1</sup> season<sup>-1</sup>。一期作 N<sub>2</sub>O-N 排放係數為 0.0085(苑裡鎮安段)、0.0034(苑裡南山段) 及 0.0228(公館大坑段) kg N<sub>2</sub>O-N/kgN，二期作 N<sub>2</sub>O-N 排放係數為 0.0194(苑裡鎮安段)、0.0055(苑裡南山段) kg N<sub>2</sub>O-N/kgN。不同稻稈處理模式溫室氣體排放量測結果，稻稈移除減排比例介於 45.4-53.6%，試驗區因水位、降雨、有機質投入不同，溫室氣體生成量亦有不同，預期稻稈處理於低水位下，減排效果更佳。

### ◆ 113 年度各田區水稻一、二期作溫室氣體排放量測結果

作物 (田區)	期作	CH <sub>4</sub> 排放係數 (kg ha <sup>-1</sup> )			N <sub>2</sub> O-N 排放係數 (kgN <sub>2</sub> O-N/kgN)
		慣行區	移除區	分解菌區	
水稻 (苑裡鎮安段)	一期	1,598	1,339	1,157	0.0085
	二期	489	218	422.3	0.0194
水稻 (苑裡南山段)	一期	2,358	2,114	—	0.0034
	二期	698	303	—	0.0055
水稻 (公館大坑段)	一期	280	157	—	0.023
	二期	503	125	—	-0.0018

◆ 113 年度各田區水稻一、二期作稻稈移除減排效果

作物 (田區)	期作	GWP (tCO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup> )		減排比例 <sup>2</sup> (%)	實際減排比例 <sup>3</sup> (%)
		慣行區	移除區		
水稻 (苑裡鎮安段)	一期	45.3 ± 16.3 a <sup>1</sup>	38.2 ± 13.7 a	15.7	— <sup>2</sup>
	二期	14.6 ± 4.3 a	6.72 ± 1.40 b	54.1	45.4
水稻 (苑裡南山段)	一期	66.1 ± 27.4 a	59.4 ± 25.5 a	10.1	—
	二期	19.6 ± 3.5 a	8.72 ± 2.12 b	55.6	50.5
水稻 (公館大坑段)	一期	9.30 ± 2.63 a	5.06 ± 1.13 a	45.6	—
	二期	14.1 ± 5.3 a	3.56 ± 1.00 b	74.5	53.6

<sup>1</sup> 相同字母標示的數據在 LSD 測試下，慣行區與移除區在 p < 0.05 時無顯著差異。

<sup>2</sup> 減排比例：一期作未進行稻稈移除。

<sup>3</sup> 實際減排比例：考慮一期作未進行稻稈移除之田間變異。

## 苗栗農業剩餘資源循環再利用示範場域建立

臺灣每年產生大量農業剩餘資源，若未經規劃利用，長年將造成堆積窘境。通霄鎮飛牛牧場佔地 50 公頃，部分為山坡地範圍，場區內有許多原生樹木及觀賞用花草，每年產生 30.8 公噸落葉及 95.8 公噸原生枝條，因缺乏適當處置或回收技術，這些資源逐年累積，影響場區整體活動空間，透過盤點場域內農業剩餘資源、設備及場域，導入資源規格化機械及纖維分解微生物簡易擴培方法，並運用專業儀器分析資源的化學特性，開發適合該場域堆肥的料源調配比例，最終將腐熟堆肥還田，形成場域內資源循環，估計實現農業剩餘資源再利用率達 294.9 公噸 / 年，並減少每年外購有機肥 36 公噸，共節省約 21.6 萬元外購肥料費用。



▲整合農業剩餘資源及專業技術，構成場域內循環圖。

## 蜂蜜產品碳足跡之研究

本研究擇定「筠捷蜂業行」及其生產之場域建立生產流程圖，並選定 700g 及 420g 瓶裝龍眼蜜，依生命週期分析法 (life cycle analysis ; LCA) 與「碳足跡產品類別規則 (CFP-PCR): 蜂產品」，透過實地盤查及訪談，蒐集原料取得階段之活動數據，並繪製出產品生命週期製程地圖，進而建立蜂蜜產品碳足跡盤查模式，進行各階段物數據蒐集與管理，最後產出「蜂蜜產品碳足跡盤查報告書」，並提供生產模式減碳建議。

經數據管理與計算，「420g 瓶裝龍眼蜜含包材」碳排放量為 2.5937kgCO<sub>2</sub>e/ 瓶，「700g 瓶裝龍眼蜜含包材」碳排放量為 3.9783kgCO<sub>2</sub>e/ 瓶。其碳排放熱點分析結果顯示原料階段的蜂糧特砂、冷氣耗電與瓶蓋所佔碳排放比例在兩種規格中皆為前 3 名，而蜂箱遷移與製造階段的運輸分別為 4、5 名。

減碳建議包括，包裝材料中的玻璃瓶及瓶蓋可研發綠色產品，降低玻璃瓶厚度以減少玻璃瓶本身的碳排放量。冷氣耗電量可審視現有之冷氣能效，改善用電的消耗。蜂箱遷移及製造階段的運輸，則可調整燃料種類之選用及配送模式，減少碳足跡的排放。



▲本研究盤查之瓶裝龍眼蜜共 2 種規格，左 420g、右 700g