



臺灣農業使用永續能源之現況與展望

國立臺灣大學動物科學技術學系教授 / 蘇忠楨
行政院農業委員會桃園區農業改良場研究員兼課長 / 李汪盛
行政院農業委員會桃園區農業改良場副研究員 / 吳有恒
國立臺灣大學生物機電工程學系教授 / 黃振康

關鍵字：永續農業、淨零碳排、生質沼氣、電動農機

摘要

農業排碳約佔總量的四分之一，以畜牧業為大宗。有效減少與再利用畜牧業的排碳將對農業永續有重大影響。目前已能夠將畜牧廢棄物經過一系列處理、轉換為生質沼氣、成為有用的能源。此外，電動化除了可以降低農機的空污排放、降低廢氣污染農產品的可能性，亦有低噪音、低震動、低廢熱與容易啟動的優勢。若能結合太陽能與風力對電池充電，能夠更有效地達成節能減碳。電動農機更加速人工智慧與物聯網的導入，達到產銷履歷自動化的農業升級。

一、前言

隨氣候變遷議題逐步受到重視，主要國

家已明確訂定減碳里程碑，除了電動汽車、替代能源等議題外，「永續農業」也受到矚目，影響降低碳排量甚鉅。

根據統計，食品生產佔所有溫室氣體排放量的四分之一，佔所有淡水消耗量的七成、所有土地使用量的四成。畜牧業佔所有溫室氣體排放量近兩成，超過所有運輸工具的排放量。聯合國預估世界人口將於2050年達到100億，如何增加產量、做好保存，同時又要降低碳排放量，相關永續農業商機應運而生。

全球建設、農業與採礦用機械電動化市場，將在2030年達到1,490億美元規模，隨著車商在電池與電動車相關技術不斷的突破，農業用電動車輛的效能也不斷在強化，而且



農地擁有兩個電動化優勢。第一就是充電便利性，農地空間相對寬廣，易於安裝充電樁，加上方便取用太陽能與風力發電裝置，不僅能降低成本，也有助電力平衡，達到真正的節能減碳。第二則是性能需求不同。都市中的電動車輛為了交通需求，需要較高的瞬間動力輸出，加上要應對各種日常狀況的變動，電量要求很高，使得電動車必備大量電池組，致使車身重、成本也高。農業用電動車無需超強馬力，里程需求也較低，成本也將較低。雖然農業機械不需要瞬間大馬力，但對於扭力需求卻很大，電動馬達與電池，仍影響了重量與續航力。

電動化的好處包括零排放、低噪音、低廢熱、低震動，且保養成本低。電動化之外，各大廠也都在研發人工智慧與無人機技術，包括自動除草機和農業用 App，瞄準的就是農業人力不足的市場機會。John Deere 的多款農用 App，可以幫助農夫規劃耕種區域，噴藥與施肥時間建議以及除草時間提醒，藉由這些 App 收集到大量的農作資訊，有助於他們開發自動化耕種機械。

臺灣目前也有零星發展，像是電動農用搬運車、電動割草機等，在不久的未來我們將可以期待，柴油廢氣的臭味從農地上逐漸消失。我國農業人力已趨老齡化，在加上目前少子化的影響，低碳排的潮流要求，農機設備應該要朝向省工、省力、電動化的開發方向前進。更導入了許多智慧化功能及服

務，大大提升產品附加價值。經濟部工業局在108年規劃產業升級創新平台計畫，推動農業機械設備智慧化，鼓勵廠商投入高階農機設備與關鍵組件開發。能引用工業的技術協助農業設備提升價值，創造農工合作，達成農工雙贏是一個非常好的合作示範。

二、研究現況

各項農業永續的研究正在國內各大學與農委會下轄改場所積極進行中，以下簡述本文作者所屬單位的近期研究成果。

(一) 畜牧廢棄物之利用

1. 2018年起在宜蘭縣冬山鄉一座商業養豬場，成功建置全國首座智慧化養豬廢水處理系統，結合現場安裝之水質感知器與無線傳輸裝置，將現場水質數據傳輸至臺灣大學動科系研究室進行遠端監測，整體系統由電腦可程式化邏輯控制器（PLC）自動操作，系統簡單且處理效果穩定，並於2020年6月份將成果發表於國際學術期刊論文（Su et al., 2020），規劃在2021年起開始推廣於產業界使用。
2. 因應防範禽流感疫情，應農會委託研發適用於鴨舍飼養模式之廢水處理系統，已經成功應用養豬場實場規模分批式廢水處理技術於養鴨廢水處理系統設計與反應槽試驗，對於養鴨廢水中有機污染物之去除率



圖 1 養豬場水質遠端監看之電腦網頁 (<http://140.112.84.78/>) (左) 與手機 App (右) 外觀

達高達 95% 以上，並已經發表在國外家禽高水準期刊 Poultry Science (Su et al., 2018)。

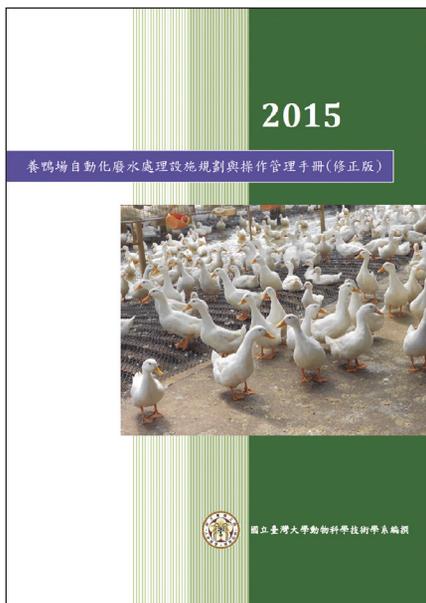


圖 2 養鴨場廢水處理系統設施規劃與操作管理手冊

3. 國內首次之養豬廢水微生物燃料電池研究論文，同時處理廢水、生產沼氣及微電力。將養豬廢水直接應用於簡易式「雙槽微生物燃料電池」研究，陽極微生物族群來自養豬廢水場之厭氧污泥，再將陽極連接一個可以充電之電容，透過使用「快速傅立葉轉換 (Fast Fourier Transform, FFT)」計算分析，藉由計算分析頻率區域內，經由降解養豬廢水中有機質所產生之電流遞減情況，分析結果顯示此 MFC 之電流是由直流電 (DC) 與交流電 (AC) 組成，可能與放電之微生物族群行為有關 (Su et al., 2019)。本研究論文已經獲得國際高影響係數 (2019 年 Impact Factor = 8.247) 之國際期刊 Journal of Power Source 所引用 (Serra PMD and Espírito-Santo, 2021)。證明利用電容儲存電流與使用「快速傅立葉轉換 (FFT)」計算分析，可以協助更精確

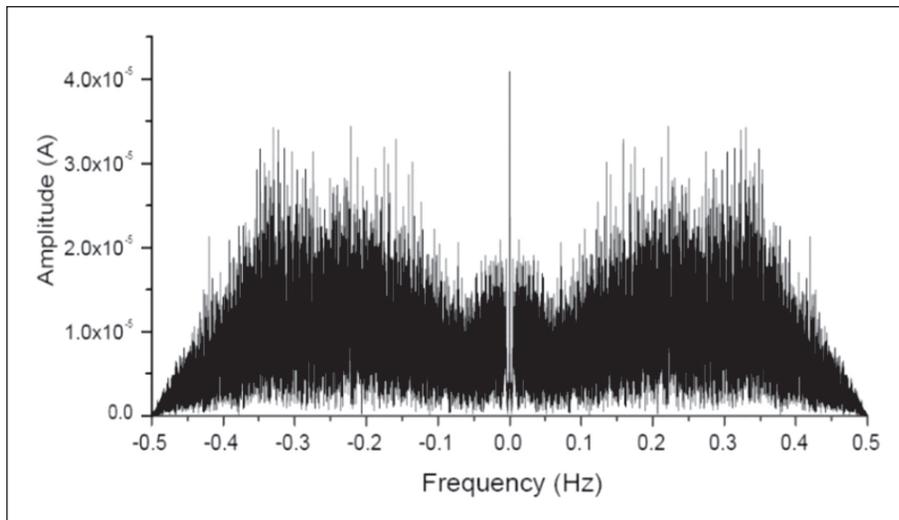


圖 3 微生物燃料電池在 0-10,000 sec 的电子釋放頻譜圖 (經傅立葉轉換計算)(Su et al., 2019)

地評估 MFC 之產電效率。

- 國內首次之建立之畜牧廢棄物「固態厭氧消化技術」並結合「黑水虻生物堆肥技術」之國際期刊研究論文(Wee and Su, 2019)。因應全球氣候暖化之畜牧業溫室氣體減量措施，經全年監測國內北、中及南部三地養豬場之溫室氣體排放量，更新於 2003 年發表之畜牧業廢水處理溫室氣體排放係數(Su et al., 2003)，並已經發表於國際知名期刊(Su and Chen, 2018)。為我國國家溫室氣體排放清冊之重要參考文獻。
- 國內首次將光觸媒應用於畜牧場沼氣脫硫，成功研發出高效率沼氣光觸媒脫硫系統裝置，同時結合沼氣提純(upgrading)

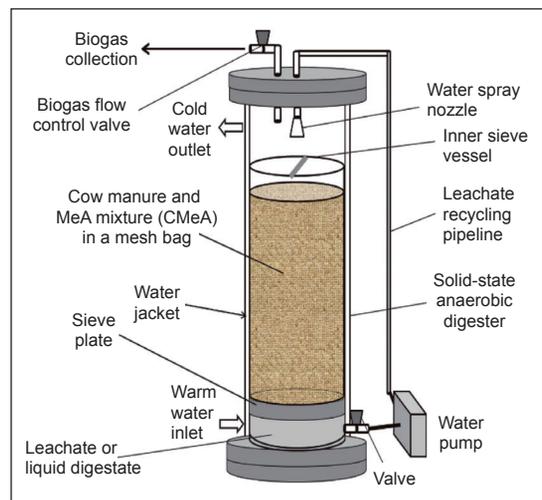


圖 4 固態厭氧消化槽外觀(Wee and Su, 2019)

裝置成功研發畜牧生物天然氣(bio-natural gas)技術系統，並已分別發表於國際期刊論文(Su and Hong, 2020; Su and Chung, 2021)。

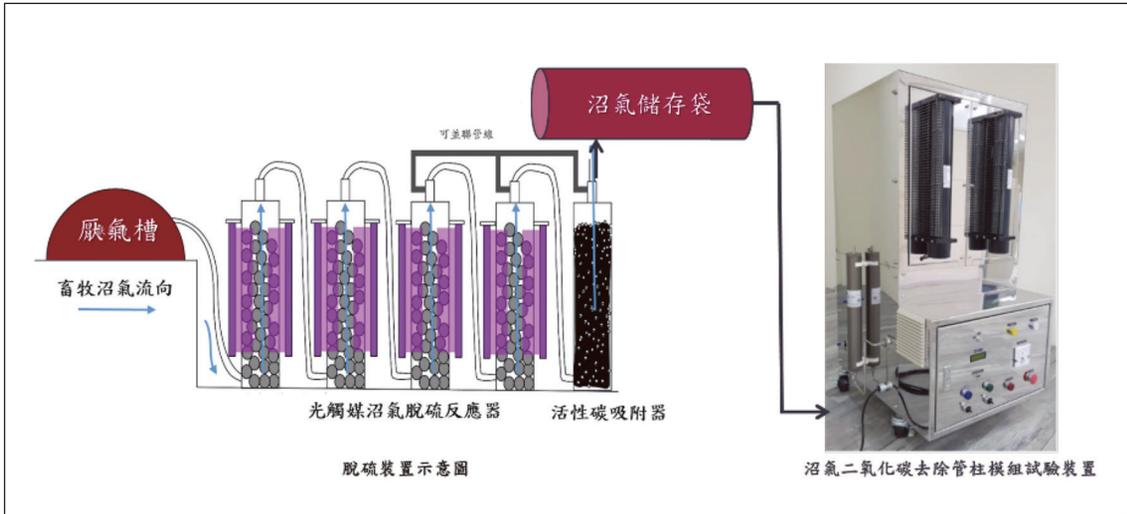


圖 5 沼氣光觸媒脫硫系統結合提純裝置技術系統 (Su and Hong, 2020; Su and Chung, 2021)

6. 利用硫氧化菌之特性 ($H_2S \rightarrow S^0 \rightarrow SO_4^{2-}$) 發明之沼氣生物脫硫技術系統 (Su *et al.*, 2008)，使沼氣中硫化氫經由硫氧化菌之作用，產生可以回收利用之資源（硫磺等）。2009 年度開始在苗栗縣三場不同規模養豬場內，建置實廠規模 (full-scale) 沼氣生物脫硫系統與沼氣發電機，實場規模之沼氣生物脫硫系統對於沼氣中硫化氫之平均去除率為 95% 以上 (Su *et al.*, 2008; 2013; 2014)。此沼氣生物脫硫系統已經於 2009 與 2011 年非專屬技術授權給能源公司推廣，並於 2010 年榮獲第七屆國家新創獎。2013 年透過技轉公司在屏東縣中央畜牧場設置農場規模沼氣生物脫硫設施，同時協助設計直立式厭氣消化槽，進行沼氣收集與發電，於 2013 年成為能源局沼氣發電示範場所。



圖 6 沼氣生物脫硫系統裝置榮獲 2010 年『第七屆國家新創獎』

7. 藉由已經研發之沼氣生物脫硫裝置行養豬場沼氣進行脫硫與未脫硫沼氣應用於沼氣發電或直接燃燒，所產生之二氧化硫濃度變化與其對於環境酸雨等衝擊之討論，證明畜牧場沼氣利用（沼氣發電或直接燃

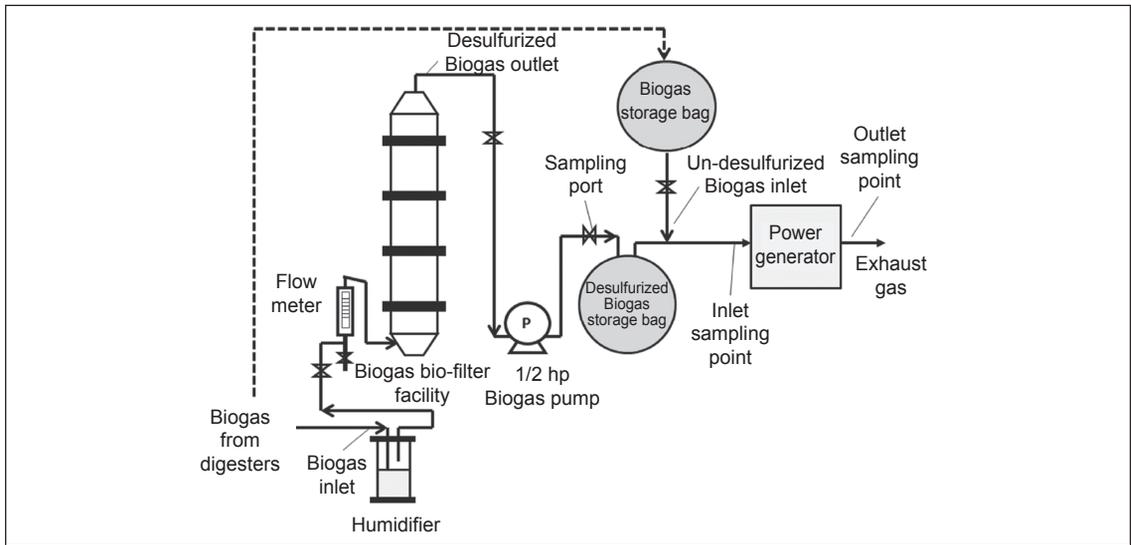


圖 7 畜牧場沼氣燃燒（脫硫與未脫硫沼氣）試驗流程示意圖（Su and Chen., 2015）

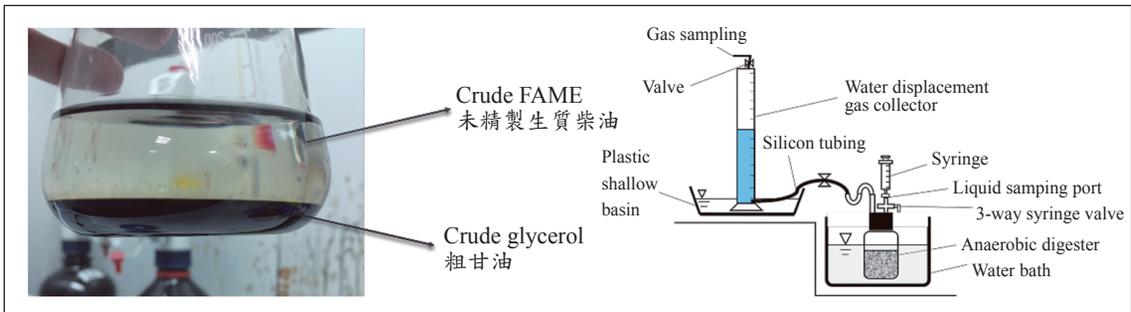


圖 8 污泥餅產製生質柴油外觀（左）與粗甘油厭氧共消化裝置示意圖（Su and Chou, 2019; Chou and Su, 2019）

燒模式）皆必須要經過脫硫程序將沼氣中硫化氫去除，以免腐蝕發電機組或燃燒設備，同時可以避免造成環境酸雨情況，論文已經發表（Su and Chen., 2015）。

8. 研發畜牧場或屠宰場廢水處理區廢棄污泥資源化技術，成功將屠宰場廢水處理區之污泥餅直接進行轉酯化程序，以生產

C16~C18 脂肪酸甲酯（亦即是生質柴油），程序中所產生之粗甘油，則將其與動物糞尿廢水進行厭氧共消化程序，可以在生產沼氣。整個技術系統已經分別發表於國際期刊論文（Su and Chou, 2019; Chou and Su, 2019），未來可以研發自動化加藥設備以減少人力成本。



(二) 電動農機發展現況

隨著電動車的蓬勃發展，適合農業機械使用的電動機、電池及控制器，以及適用於農業車輛轉向系統、後軸組件及模組化控制器也逐漸增多。以內燃機為主的農業機械正逐漸改以電動機作業，其效益除了顯現在降低碳排放外，電動化也使得農機操控可以更多元，也更容易智慧化。

目前泛用型的農業機械如割草機、噴霧機及搬運車等已有相當多的電動化產品可供選用。電動割草機主要採用小型無刷馬達以高速旋轉方式進行割草作業，電池可裝置於機體上或採背負式，透過控制器調整馬達轉速。背負式電動噴霧機普遍為16-18公升型，以鋰電驅動隔膜泵進行藥劑的噴施，其噴頭種類繁多，可依作物樣態選用。手扶及行走式電動噴霧機（車）市面上亦有產品發表，行走式噴霧機主要應用於果園及大田的噴藥作業；然而，其應用場域已擴展至環境消毒，不限於農業生產應用。另外，近年因無人機軟硬體的迅速發展，藥劑施噴效率高（蔡，2017），甚至更發展出專業的無人機代噴模式。電動搬運車的機種多樣，有單輪、雙輪、3輪、4輪及履帶式，有手扶、駕駛及遙控式，有用於工廠搬運、溫室搬運、果園搬運、果菜市場搬運及田間搬運等類型，也有通過「（農機（具）性能測定」（行政院農業委員會農業試驗所農業工程組，2022）的機種。近年則開始有電動跟

隨車及遙控履帶車的產品發表。在電動農機中，搬運車的開發機種最多，也因為搬運車的電動化，以往搬運車因採用內燃機引擎所導致的振動問題也被大幅地改善。

除了泛用型農機，近幾年學研單位也開發了相當多的電動農機以減少環境碳排，永續農業發展，包含宜蘭大學的折疊式電動中耕機（林等人，2016）、交通大學的農用自駕車（微笑台灣，2020）、屏東科技大學的遙控噴藥履帶車（羅，2019）、臺中區農業改良場的電動自走式升降作業機（田等人，2008）、高雄區農業改良場的電動智能跟隨農地搬運機（馬，2022）、臺東區農業改良場的太陽能播種機（林，2018；曾，2019）、桃園區農業改良場的槽耕電動鬆土機（吳，2016）、電動式紙穴盤菜苗移植機、電動式散裝葉菜收穫機及設施葉菜電動管理作業機等。

1. 折疊式電動中耕機

電動中耕機搭配1.3 kW無刷直流馬達及DC 23V-60Ah鋰鐵電池，其機體設計可折疊，折疊後尺寸為90 × 60 × 48 cm，便於一般汽車載運。本機體重48 kg，搭配60 Ah的鋰鐵電池，可持續作業77 min，作業面積可達1,850 m²。本機的耕耘軸輸出扭力約9 kg·m，計算電動中耕機動力效率最高為66.7%。由於採用電力，估算電動中耕機的能源成本僅為汽油機的10.9%，CO₂排放僅為汽油機的30.4%，具節能減碳優勢（林等人，2016）。



圖 9 第三代履帶型農用無人車（微笑臺灣，2020）



圖 10 遙控噴藥履帶車（羅，2019）

2. 農用自駕車

農用自駕車結合馬達、電力系統及農用無人車平台，可以遠端程式控制自駕車於山坡地果園或農地的行走能力；可以雷射深層清除雜草，免除農藥的使用；同時可以八字型迴轉方式，以因應果園狹小的作業環境以提升作業效率。目前農用自駕車已由第一代輪式發展到第三代履帶型農用無人車（圖9）。

3. 遙控噴藥履帶車（圖10）

遙控履帶車車體採輕量化設計，機體搭配2組電動機、履帶行走機構及控制系統，履帶車可以小半徑於田間轉向。為配合不同作物的栽培畦寬，以擴大應用範圍，履帶間距設計可調整。噴藥系統則是利用一組前置的光學鏡頭標示作物的相對位置，再將訊號傳到後台人機介面平台，進行對靶，當作物

被標記後，以農民的經驗值於人機介面上設定對應噴量，透過機器逐步數據化管理，讓噴藥可以利用手機遠端遙控。由於履帶車為全電動式，無農田污染問題，同時因為無需人為操作，可確保噴藥作業的安全性（羅，2019）。

4. 電動自走式升降作業機

電動自走式升降作業機採前輪轉向後輪驅動方式作業，目的在提供設施彩椒、番茄、小黃瓜等棚架式藤蔓類作物生產管理與採收搬運使用。作業機採用950W直流馬達，前進與後退為無段變速，最高行走速度每小時6 km，最小轉彎半徑1.6 m。工作平臺最大舉升高度80 cm、載重能力200 kg。升降作業機2組24V-38Ah電池可使用2~4日（田等人，2008）。



5. 電動智能跟隨農地搬運機 (圖11)

智能跟隨搬運機為後輪驅動式，左右輪各有獨立驅動馬達，可自動跟隨及遙控作業。其控制系統由光學雷達、超寬頻測距單元及超寬頻測距標籤（於人員身上）構成。作業時由光學雷達掃描跟隨者的身形輪廓並鎖定跟隨目標，使搬運機可跟隨使用者一起行進，當光學雷達受遮蔽時，則利用超寬頻測距單元與超寬頻測距標籤，使搬運機仍可維持跟隨狀態。透過光學雷達及超寬頻測距功能的互補作用，充分確保搬運機與跟隨使用者一起行進至所需地點，以減少使用者搬運物品之體力負荷。本機結構簡單、輕巧，無需人為操控即可自動跟隨並保持適當距離，全程使用電力，作業時無廢氣污染及噪音，兼具省工、省力及減碳功效。此跟隨車最高載重300 kg，滿載續航力可達4小時

(馬，2022)。

6. 太陽能乘坐式播種機

本機應用太陽能並整合播種器技術，開發可乘坐之太陽能播種機，克服傳統人工播種高成本與高勞力瓶頸。太陽能乘坐式播種機作業速度為人工條播的15倍，種子用量僅為條播的30%，且條播後苗株生長勢整齊，具有通風良好和減少病蟲害發生機率（曾，2019）。太陽能乘坐式播種機可單人進行播種，操作輕鬆簡單，年長者或女性農友亦可勝任。機體上方搭配300W太陽能板，在良好天候下，約4小時可增加0.5公頃的播種面積。本機除在播種期間可持續對電瓶充電外，亦可提供農友於播種作業時良好的遮陰；相較於傳統曳引機，本機每年可減少二氧化碳排超過12公噸（林，2018）。



圖 11 電動智能跟隨農地搬運機 (馬，2022)

7. 電動式紙穴盤菜苗移植機 (圖12)

為減少塑膠穴盤的使用，吳（2017）開發植物纖維育苗穴盤，利用紙箱裁邊後的一次廢料製作紙穴盤以取代塑膠穴盤進行葉菜育苗。電動式紙穴盤菜苗移植機目的即在將紙穴盤栽培之菜苗移植到田間。菜苗移植機包含切割與移植2部分，切割部包含穴盤輸送裝置、縱向切割裝置及橫向切割裝置；移植部則包含夾持裝置、擴展裝置、放苗裝置、插入裝置與復歸。紙穴盤的切割及移植控制由車體前方的PLC全程控制。移植機採用DC48V-800 W電動機，40 Ah鋰鐵電池作業。該機可大幅減少塑膠穴盤的使用，降低塑膠對農業環境的污染，永續農業發展。



圖 12 電動式紙穴盤菜苗移植機



圖 13 電動式葉菜散裝收穫機

8. 電動式葉菜散裝收穫機 (圖13)

電動式葉菜散裝收穫機由履帶底盤、電動馬達及夾持機構所組成。作業方式是利用馬達驅動履帶，並透過前端軟式夾持機構，可將剪切後的葉菜幾乎無損傷的收穫並向後輸送。本機的馬達額定動力為750W，最大可達1.2 kW，採用24V-85Ah磷酸鋰鐵電池，收穫速度可達3.6 m²/min，其適用性廣，可應用於甘藷葉、莧菜及空心菜的收穫作業（邱，2019）。本機並同步開發有遙控式機型，可更便利收穫作業的操作（行政院農業委員會桃園區農業改良場，2019）。



圖 14 遙控式葉菜散裝收穫機



圖 15 電動式設施葉菜栽培管理機

9. 電動式設施葉菜栽培管理機（圖15）

臺灣北部地區葉菜大多於設施內生產，其生產程序如播種、移植、施肥、噴藥及收穫等作業多數倚賴人力，透過電動式栽培管理機可附掛前述不同功能之農機具以進行栽培管理相關作業，可有效紓緩設施內葉菜栽培缺工問題，降低設施葉菜生產人力成本；同時電動式管理機採用電動機及電池為動力源，可避免內燃機產生的廢氣污染設施內葉菜。電動式管理作業機具有四輪轉向系統，搭配DC48V-11 kW電動機，採用磷酸鋰鐵電池，具備可輸出動力之PTO軸、皮帶輪及油壓接頭，可提供附掛農機具動力源。

10. 槽耕電動鬆土機（圖16）

槽耕為離地栽培的一種，其栽培槽被架高，介質的透氣性及排水性均佳，生產的果蔬品質亦較佳，主要應用於溫室番茄、甜

椒、瓜果及葉菜類栽培。耕槽介質在作物種植一段時間後，其團粒容易密實，因而必須透過鬆土作業，以回復介質的通氣性及排水性。電動鬆土機即在取代人力，高效率地進行耕槽鬆土作業，除可減少溫網室作物栽培的人力需求及作業辛勞外，透過機械對土壤均勻的鬆土作用，亦可增加土壤的透氣性及排水性，有利於作物的生長。本機採用800W無刷直流馬達並搭配20 Ah鋰鐵電池，其輪距及鬆土深度均可調整，可適用於不同寬度的耕槽。電動鬆土機每小時可鬆土450 m²，其作業效率為現行人力作業的12倍；且鬆土後介質的粗細度及栽培面的平整度均優於人力作業。電動鬆土機的重量輕，易於搬動，作業時無廢氣，適合溫室作業，除可用於槽耕鬆土作業外，亦可應用於有機質肥料的混合作業（吳，2016）。



圖 16 槽耕電動鬆土機及其操作方式

三、未來展望

以乳牛產業為例，未來可以建立乳牛淨零碳排管理技術、開發碳捕捉、儲存及再利用技術應用於畜牧業，建置負碳生質能源供應中心。利用生質（畜牧）能源、太陽光電與風力發電等三大類能源整合成畜牧業電力平台，再以物聯網技術、資通訊技術與機電整合技術為核心，結合多種感測器與影像攝影機，發展多樣式物聯網監測平台。同時結合農畜牧業生質電能平台與儲能技術，發展微電網整合系統。持續研發以生質沼氣為燃料之有機朗肯循環熱機及史特零引擎，並利用其產生軸功應用於畜牧場域。同時以生質沼氣為熱源之熱動製冷、並應用於畜牧場域，最後擬建置生質沼氣轉換為電能之微電網模式。整合式自動化畜牧沼氣脫硫與提純技術系統及智慧化養豬廢水處理系統與其專

家管理系統之建置與教育推廣，積極推動國內跨產業（工業與畜牧業）間之碳抵換專案，以具體推動國內工業生產之零碳目標行動方案。

預計歐盟在2035年之前禁售採用柴油和汽油引擎的新車，也可能影響到在公路上行駛的農機。電動曳引機新創Monarch有「農田裡的特斯拉」之稱。其基本功能與一般油機無異，可以直接使用現有大多數農具來拖車、犁地、收割玉米和小麥；另也是完整的AIoT全自動載具，具備360°智慧攝影機以及相關深度學習、感應裝置裝置，一天最高能收集大量環境數據，並且資料上傳到公司專屬的雲端上。也能直接輸入程式碼讓它改變運作增進效率。電動農機將在原有的優勢上，結合人工智慧、物聯網等技術，進一步達成穩定糧食生產、提升農業工作環境、完



善農產履歷等重要農業里程碑。

參考文獻

1. Su JJ* and Chung HC (2021) Study of livestock biogas upgrading using a pilot-scale photocatalytic desulphurizer followed by a hollow fibre carbon dioxide adsorption module. *Journal of Agricultural Science* 159(1-2): 3-10. (doi:10.1017/S0021859621000332).
2. Su JJ*, Ding ST and Chung HC (2020) Establishing a Smart Farm-Scale Piggery Wastewater Treatment System with the Internet of Things (IoT) Applications. *Water* 12: 1654 (total 13 pages) (doi:10.3390/w12061654).
3. Su JJ* and Hong YY (2020) Removal of hydrogen sulfide using a photocatalytic livestock biogas desulfurizer. *Renewable Energy* 149:181-188 (doi:10.1016/j.renene.2019.12.068)
4. Su JJ* and Chou YC (2019) Biodiesel production by acid methanolysis of slaughterhouse sludge cake. *Animals* 9: 1029 (total 15 pages) (doi:10.3390/ani9121029).
5. Chou YC and Su JJ* (2019) Biogas production by anaerobic co-digestion of dairy wastewater with the crude glycerol from slaughterhouse sludge cake transesterification. *Animals* 9: 618 (total 17 pages) (doi:10.3390/ani9090618).
6. Su JC, Tang SC, Su PJ and Su JJ* (2019) Real time monitoring of micro-electricity generation through the voltage across a storage capacitor charged by a simple microbial fuel cell reactor with Fast Fourier Transform. *Energies* 13: 2610 (total 15 pages) (doi:10.3390/en12132610).
7. Wee CY and Su JJ* (2019) Biofuel produced from solid-state anaerobic digestion of dairy cattle manure in coordination with black soldier fly larvae decomposition. *Energies* 12: 911 (total 19 pages) (doi:10.3390/en12050911).
8. Su JJ*, Huang JF, Wang YL, and Hong YY (2018) Treatment of duck house wastewater by a pilot-scale sequencing batch reactor system for sustainable duck production. *Poultry Science* 97:3870-3877.
9. Su JJ* and Chen YJ (2018) Monitoring of greenhouse gas emissions from farm-scale anaerobic piggery waste-water digesters. *Journal of Agricultural Science* 156(6): 739-747 (https://doi.org/10.1017/S0021859618000734).
10. Su JJ* and Chen YJ (2015) Monitoring of sulfur dioxide emission resulting from biogas utilization on commercial pig farms in Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment* 187(1): 4109 (total 8 pages).
11. Su JJ*, Chen YJ, and Chang YC (2014) A study of a pilot-scale biogas bio-filter system for utilization on pig farms. *Journal of Agricultural Science* 152(2): 217-224.
12. Su JJ*, Chang YC, Chen YJ, Chang CK, and Lee SY (2013) Hydrogen sulfide removal from livestock biogas by a farm-scale bio-filter desulfurization system. *Water Science and Technology* 67 (6): 1288-1293.
13. Su JJ*, Chen YJ, Chang YC, Tang SC (2008) Isolation of sulfur oxidizers for desulfurizing biogas produced from anaerobic piggery wastewater treatment in Taiwan. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48(1-2):193-197.
14. 蔡佳珊 (2017)。無人機噴農藥效果如何？農友驚嘆 5 分鐘噴完 2 分絲瓜園連葉背也噴到。2022 年 7 月 25 日，取自 <https://www.newsmarket.com.tw/blog/94053/>。
15. 行政院農業委員會農業試驗所農業工程組 (2022)。農機 (具) 性能測定。2022 年 7 月 25 日，取自 <https://www.tari.gov.tw/sub/content/index.asp?Parser=1,30,416,386,404>。
16. 林連雄、郭泰均、張允瓊 (2016)。折疊式電動中耕機之研發。宜蘭大學生物資源學刊 12: 91-105。
17. 微笑台灣 (2020)。全自駕無人車巡田 雷射除蟲護作物。2022 年 7 月 25 日，取自 <https://smiletaiwan.com.tw/article/3978>。
18. 羅欣貞 (2019)。智慧農業新利器 屏科大研發遙控噴藥履帶車。2022 年 7 月 25 日，取自 <https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/2969127>。
19. 田雲生、張旭志、陳令錫、何榮祥 (2008)。電動自走式升降作業機之研製。臺中區農業改良場研究彙報 99: 11-22。
20. 馬振瀚 (2022)。農友福音！電動智能小跟班上工，自動追隨主人幫搬重物。2022 年 7 月 25 日，取自 <https://www.newsmarket.com.tw/blog/168038/>。
21. 林宜潔 (2018)。用電力省 15 倍勞力！全臺首部太陽能乘坐式播種機問世。2022 年 7 月 25 日，取自 <https://www.agriharvest.tw/archives/18896>。
22. 曾祥恩 (2019)。太陽能乘坐式播種機之研製。臺東區農業改良場研究彙報 29: 45-58。
23. 吳有恒 (2017)。植物纖維穴盤製造技術。桃園區農業專訊 101: 10-12。
24. 邱銀珍 (2019)。電動葉菜散裝收穫機。桃園區農業專訊 109: 21。
25. 行政院農業委員會桃園區農業改良場 (2019)。行政院農業委員會桃園區農業改良場 108 年年報。桃園市。
26. 吳有恒 (2016)。槽耕電動鬆土機之研發。桃園區農業改良場研究彙報 80: 71-80。