

埔里的茭白筍農們—智慧 LED 燈照系統

Water Bamboo Farmers in Puli - Intelligent LED Light System

楊智其 *Chihchi Yang*

國立暨南國際大學土木工程學系

Department of Civil Engineering,

National Chi Nan University

陳小芬^{*} *Jessica Hsiaofen Chen*

國立暨南國際大學資訊管理系

Department of Information Management,

National Chi Nan University

蔡勇斌 *Yungpin Tsai*

國立暨南國際大學土木工程學系

Department of Civil Engineering,

National Chi Nan University

陳谷汎 *Kufan Chen*

國立暨南國際大學土木工程學系

Department of Civil Engineering,

National Chi Nan University

本文引用格式建議：楊智其、陳小芬、蔡勇斌、陳谷汎，2023，「埔里的茭白筍農們—智慧 LED 燈照系統」，中山管理評論，31 卷 1 期：47~76。

Suggested Citation: Yang, C. C., Chen, H. F. Jessica, Tsai Y. P., and Chen, K. F., 2023, "Water Bamboo Farmers in Puli - Intelligent LED Light System," **Sun Yat-sen Management Review**, Vol. 31, No. 1, 47-76.

* 通訊作者：陳小芬，國立暨南國際大學資訊管理學系教授，地址：545 南投縣埔里鎮大學路 1 號，電話：049-2910960#4658，E-mail: jessica@ncnu.edu.tw。

摘要

個體農民的資源皆有限，要靠自身力量進行農業數位化的門檻及風險皆很高，因此，政府及學術研究單位在農業數位化的轉型上扮演重要角色。

本個案描述埔里的茭白筍農藉助於大學及政府研發能量及資金，透過科學方法以 LED 燈取代高壓鈉燈，以科學方法及資訊科技輔助茭白筍的種植。本研究目的有三，首先，探討創新擴散的整個過程，藉由個案分析政府補助及大學對於創新初期的研發及形成的促進及後期擴散的影響。第二，不同研究單位在農作物燈照系統創新投入所形成的技術及知識外溢。最後，以創新擴散理論探討農民採用 LED 燈系統的溝通管道及擴散過程，藉由意見領袖農友的影響力以及創新普及所形成的社會規範，LED 燈系統透過正式與非正式的社會結構擴散及普及。

關鍵詞：創新擴散、農業數位化的轉型、知識外溢、茭白筍農、政府補助

Abstract

As individual farmers have limited resources, the threshold and risk for agricultural digital transformation by their own ability are very high. Therefore, the function of government and academic research units in the digital transformation of agriculture becomes very important.

This case describes how the water bamboo farmers in Puli, Nantao are using public R&D resources to assist in the cultivation of water bamboo with scientific methods and information technology. LED intelligent light system was used to replace the traditional high-pressure sodium lamp used by farmers. The purpose of this study is threefold. First, we examine the entire process of innovation diffusion by analyzing the impact of government subsidies and universities on the promotion and formation of innovation in the early stages of R&D and its later diffusion. Second, we discuss the technological and knowledge spillover result from the investment in LED systems by different units such as ITRI and Agricultural Research Institute. Finally, we use the innovation diffusion theory to explore the communication channels and diffusion processes of LED systems adopted by different farmers.

Keywords: Innovation Diffusion, Digital Transformation of Agriculture, Water Bamboo Farmers, Knowledge Spillover, Government-Sponsored

壹、個案本文

2022年4月

5:00AM，天色未亮，埔里的茭白筍農已開始農作。茭白筍是一種禾本科的多年生水生植物，農友每天都需要早起巡田水，從田梗岸上觀察茭白筍的生長狀況、田間水的流動、棄置的茭白筍殼及田間的福壽螺的狀況。

9:00AM，茭白筍田梗旁站著 2 個人，一位是國立暨南國際大學（後面簡稱暨大）的阿其老師，一位是埔里鎮珠格里蔬菜產銷班第 25 班班長劉宗賢，田裡 3 位大學生穿著蛙裝，拿著量測儀器測量茭白筍的生長狀況數據，三月份團隊才為劉班長這超過 1.5 公頃的田地架設 60 支 LED 燈。此時，阿其老師的手機響起。

「是，我是...議員好，是...現在十公頃都滿了，不是我們不補助，真的是因為經費都分配完了，拍謝啦！真的有困難...明年政府如果還有補助我們一定會繼續推的！今年就沒有辦法了...抱歉啦，如果有下一期的補助再請他記得早點來申請，好好，謝謝您。」

劉班長看著阿其笑問：「又來拜託？去年拜託大家來申請都不願意？現在才來拜託，好家在，我把全部的田都拿來申請，我就是相信你們嘛！這節能減碳一定要做的嘛！」50 出頭歲的劉宗賢種植茭白筍二十多年，他為自己的先見之明顯得有些得意。埔里大多數的筍農都超過 60 歲，劉宗賢在農民中算年輕，他在埔里是生產品質及績效相當傑出的農友，他很勇於創新，投入不少經費蓋了一個鐵皮屋活動廣場，在假日舉辦茭白筍親子體驗活動。

阿其老師：「劉大哥，我們先走，還要去琮龍那裡施工，也看一下新的苗種的情況。」

11:30AM，日正當中，劉宗賢走入田間開始剝除田間老化的茭白筍葉、觀察與割除明顯矮化的茭白筍植株及補充不足的筍苗、去除福壽螺卵。

埔里的茭白筍種植面積高達 1,800 公頃，面積和產量均占全台 90% 以上。跟其他農作物相比，茭白筍的種植過程需要高度的人力，育苗、巡田水、除葉、

除草，施肥、噴農藥及最後的採收、剝殼與裝袋皆為人工操作，十分辛苦並消耗體力，筍農一天的工作經常超過 10 小時。筍農的收入相當微薄，茭白筍的保存需要專業大冰箱，加上農業機具及田地整理等費用，需投入數百萬元，青年多半不願留在家鄉務農，現有筍農的年紀普遍超過 60 歲。

一、緣起：大學的社會責任

2017 年暨大科技學院執行行政院之大學社會責任實踐示範計畫（簡稱USR）¹，主要課題是關注在水沙連區域（埔里）內的水資源保育及地方發展，計畫團隊人員在前導調查中發現茭白筍農不太關注用水的情況，反而很在意影響茭白筍成長的日曆因素。近年不穩定的氣候導致茭白筍的種植不易、產量大減。冬季時因日照不足，茭白筍在冬末春初常發生植株生長不良、提早結筍、矮化叢生的「矮化症」，於是 10 多年前行政院農業委員會試驗所（農試所）黃晉興博士發現，藉由長時間的燈照，能促進茭白筍生長，於是農民開始用高壓鈉燈於夜間進行燈照，協助茭白筍成功跨越矮化現象後再停止夜間光照讓植株順利結筍。大部份的茭白筍一年種植 2 期，一期 120 天，其中燈照天氣長達 60-70 天，每天 7-11 小時，筍子長高時光照不能中斷，2 期合計約 3-4 個月。傳統的高壓鈉燈瓦數高、光照遠、耗電量高。一分地²的農田每一期的電費約 1 萬元，1 甲地 10 萬元電費。筍農設置高壓鈉燈採土法練鋼，到了需要照光的秋冬季節，農友深怕茭白筍會有光照不足影響到茭白筍的產量，便於夜晚巡視筍田，觀察光照的燈具位置是否正常，由於田埂長期受到雨水沖刷及重機具進入田間時的破壞，造成燈柱位移，使得照光不均，農友也只能以肉眼判斷，農民使用鋁梯調整高達 3 公尺的燈柱，再根據自身的經驗調整燈的角度、方向與高度，這一期生長不佳的區域，再依經驗於下一期做調整。

許多不規則的田地地形使燈架的位置擺設不易，鈉燈光線強，直射、斜射區域因照明差異導致茭白筍成長速度不一，收割期拉長，收割的臨時工的工作天數增加，拉高成本。夜間鈉燈的光線也危害生態，如櫻花因此而沒有了花季，夜間出沒的蛙類因為刺眼的燈光造成數量減少。埔里冬季晚上呈現一片刺眼的黃白光，光害嚴重，無法進行專業的觀星活動。

¹ 教育部USR計畫目的是讓大學能更了解地方發展脈絡，暨大科技學院的USR計畫希望運用科技學院專業技術與學養，進行 LED 照明系統的研發與改良，落實教育部在地連結與陪伴，亦產生思維與技術創新。

² 1 甲 = 10 分 = 2,934 坪 = 0.96992 公頃

二、站在巨人的肩膀上

暨大團隊開始查詢文獻尋求解決之道，發現農試所黃博士過去曾以鹵素燈對茭白筍進行夜間光照以解決矮化障礙及產期調控。多年前工研院曾經對埔里的茭白筍田實驗並證實可以使用 LED 燈來取代高壓鈉燈，然而工研院採用的第一代 LED 燈的安裝方式是吊掛式，設置時線路將影響重型農機具進出田區整地翻土，且防水係數低，當時採用的 LED 燈一顆 600 元，一分地的設施費用近 20 萬元，農民使用意願低³。許多田地地形不規則，因此，在工研院的實驗中，LED 燈同樣也因為光照度分布不均導致筍葉生長速度不一的問題。

詳細研究後，團隊開始評估並尋求市面上的 LED 燈，結合多個系所教師，在USR計畫的補助下投入許多的專業人力，花費數個月改良 LED 燈具，評選茭白筍需要的紅藍光 LED 燈的各別效果，採用直立式 LED 燈以不影響重型農機具進出田地，同時解決防水及安裝問題。團隊四處尋找海內外 LED 廠商，尋求價格能讓農友長期負擔的燈具廠商，終於找到一家陸商，使燈具及燈柱的花費壓到可以接受的程度。原有的高壓鈉燈 1 盞 1~2 千多元，LED 燈 1 盞約 4-5 千元（當時臺灣市面的 LED 燈則需要 8-9 千元），相較於高壓鈉燈，LED 燈的瓦數較低，因此需要架設的數量較多，每分地若採用高壓鈉燈約需 2-4 盞（視地形），而 LED 燈約需設置 6 盞。但支撐鈉燈的燈柱較粗，費用較 LED 燈柱高。光衰率方面，LED 的光衰率較高⁴，使用壽命較鈉燈短，約 2 年。

三、2017 年，從實驗室到田地的試驗

費盡千辛萬苦的暨大團隊興奮的開始尋求實驗的田地，團隊提出的方案是費用包括燈具、燈架、電線及安裝完全由大學方負擔，架設亦由暨大團隊負責，農友只需提供田地做試驗。

「如果產量減少怎麼辦？誰負責？我還是用原本的就好。」、「LED？你敢保證筍子的品質不會變嗎？不會長的不好？不好吃？我還是用原本的好了啦！」、「我現在種的好好的，這樣就好囉！你找別人啦！」、「唉喲，太麻煩了，謝謝啦！我不用！」

³ 自由時報報導題目：LED 夜照茭白筍 淡紅燈光添浪漫，2014 年 12 月。

⁴ 光衰是指經過一段時間的點亮後，燈具的照度會比原來的照度要低，減少的部分就是光衰。

暨大團隊前前後後尋求 20 多位農友，沒有人願意提供農地做為試驗。最後透過學校一位在地的兼任教師介紹農友彭登業，為了減少彭農友的疑慮，暨大團隊承諾除了所有設備、測量及架設都有暨大團隊提供及負責外，若收成時產量減少，將以市價無償補貼短少的產量金額，彭農友終於願意把名下 1 甲地中的 1.4 分田地提供暨大做實驗。

2017 年，阿其老師以 USR 經費聘請助理及一群工讀生進行田野調查，每天在大太陽底下在筍田中測量與收集生長數據、導入水質檢測與電力監測感測器等設備，晚上則研究分析 LED 燈夜間光照數據及如何改良優化。

四、科學量測及計算

暨大團隊以空拍機來測量彭農友的田地及描製電腦地圖，利用模擬軟體來進行燈具位置及燈光覆蓋率的評估圖（如附錄）。接著將田區分成九等分，團隊人員以手持式檢測儀進行田間光照強度、光通量、光量子密度測量等相關數據並分析模擬光照強度（如圖 1），透過電腦軟體的演算法計算合適的 LED 設置位置、支架架設高度及燈具數量，確保田中的每一處光照均勻，團隊還發展出新的 LED 透鏡設計以防止光型的不均勻覆蓋 (Hsiao et al., 2020)。

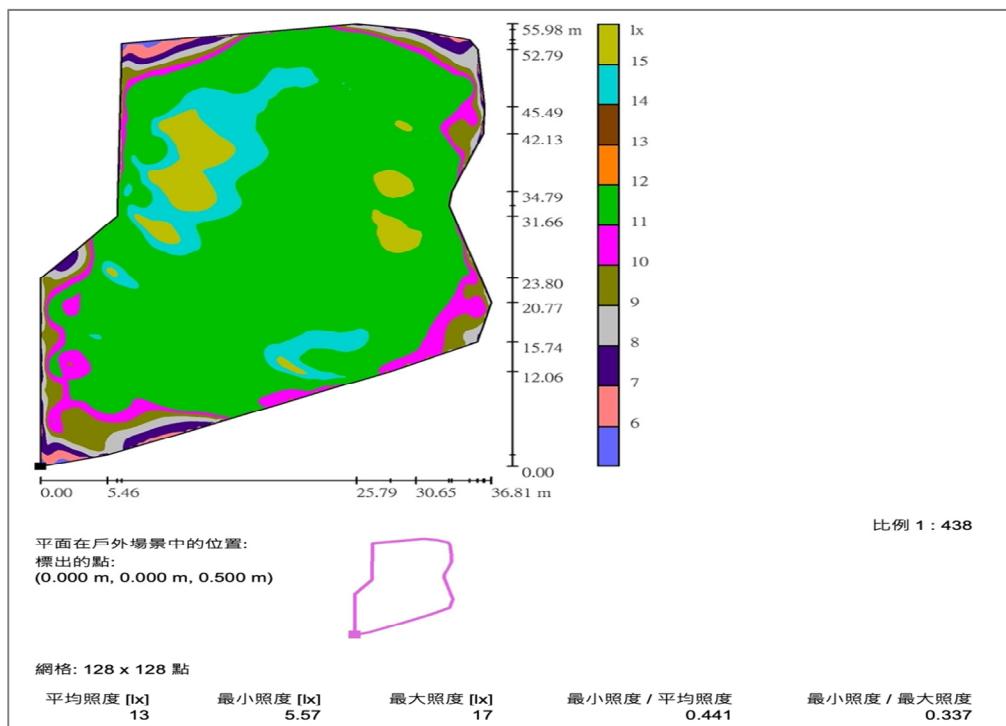


圖 1：光照模擬強度圖

資料來源：本研究整理

施工亦由暨大團隊協助並以無人機確認夜間茭白筍照射燈光的覆蓋率，團隊以計畫經費聘請大量的暨大學生當工讀生，每 2 星期至田裡測量茭白筍的生長狀況，像是株高、葉子長度、葉子寬度、分蘖數等，暨大團隊將彭農友的另一塊採用高壓鈉燈的筍田則做為對照組，收集兩塊田的數據做比較。

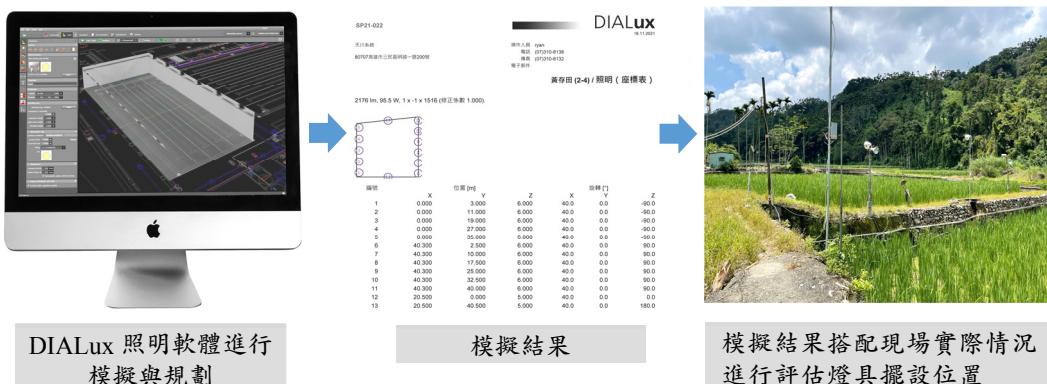


圖 2：燈具配置規劃流程

資料來源：本研究整理



圖 3：LED 燈架設評估流程

資料來源：本研究整理

在彭農友的筍田收成後發現，LED 燈照的茭白筍植株生長高度較高壓鈉燈照的均勻，無矮化現象，一期下來電費節省 2/3，但第一次的實驗受到氣候影響，埔里少雨使收成產量較上年短少約 250-300 公斤，暨大團隊便以市價補償彭登業損失。

2018 年 4 月，暨大舉辦無光害照明茭白筍成果分享會，LED 燈實驗成果被各大報紙報導⁵，一位在苗栗的茭白筍劉農友深感興趣，親自至埔里了解並自費

⁵ https://udn.com/news/story/7325/3079317?from=udn-catalistnews_ch2

買燈具及設備，請暨大團隊協助架設 LED 燈，2018 年苗栗劉農友和魚池葉農友（彭登業的親友）共 4 分地加入實驗。

2019 年一位 40 多歲的茭白筍青農李達量，已經種了二十多年的茭白筍，名下擁有埔里鎮珠格里 1.5 甲的地，因為小孩的同學父親剛好是暨大老師，因此得知暨大的計畫，李達量主動表達有意願將自家的田地加入實驗，他把其中已架設鈉燈的 5.5 分地換成 LED 燈，由暨大補助燈具及協助燈具位置計算及資料收集。

四年中暨大團隊實驗場域累計 4 位農友，合計約一甲地。

在一次暨大團隊辦的活動中，南投縣陳宜君議員提及高壓納燈造成埔里每到晚上天空就會呈現橘紅色的一片，光害嚴重影響動植物的作息。於是暨大科技學院蔡院長向議員建議，擴大 LED 燈的使用範圍以減少光害，2 人研商後決定向南投縣政府相關單位進行橋接。

縣府建設處配合經濟部辦理「縣市共推住商節電行動計畫」，於是阿其老師帶著團隊向建設處說明：「現今能源係耗竭性資源，電價恐難調降，如透過政策性補助及本校的輔導措施能減低其成本，針對埔里地區農作物茭白筍，進行試辦性節能燈具汰換補助，可做為智慧農業轉型的開端，有助於在地茭白筍產業的翻轉。」最後，建設處提供 250 萬元燈具補助費，委由暨大執行「LED 燈照茭白筍田示範場所建置與節電推廣計畫」，希望擴大採用 LED 燈的區域以節省電量。

五、2021 年，示範場所建置與節電推廣計畫

暨大團隊規劃補助 10 公頃田地，每 1 分田地約需設置 6 盞 LED 燈，分別為 80 瓦與 100 瓦供不同田地形狀、大小評估調整使用。250 萬元補助經費可安裝 2 種燈各 200 盞，約可省下 11.1 萬度/年、降低 55.7 噸 CO₂ 排放量，團隊同時找到願意配合的台灣 LED 燈廠商，品質更佳，價格合理並且提供燈具五年的保固。

2021 年 1 月 19 日，團隊在埔里農會及鎮公所農經科共同協助下，辦理第一場「茭白筍田置換 LED 燈意願說明會」。現場提供食物飲料，一共來了近 80 位老農友，在地議員紛紛前來致辭。暨大團隊磨拳擦掌，很興奮的準備把四年來 LED 燈的豐碩成果與農民們分享。說明會前，團隊甚至擔心，如果提出申請的人過於踴躍，團隊應該擬訂機制公平篩選。

說明會由暨大蔡院長開場：「各位伯父伯母，你們看這張圖，這張是國際太空站（ISS）照的台灣地圖，中間很亮的那一部份就是埔里，因為現在在各位的田裡插著的鈉燈很強，會形成光害，電費也很嚇人，但是如果換成 LED 燈智慧系統，除了可以節省電費以外，對環境的影響也比較少，現在政府最重視的就是環境保護及社會責任的議題了，所以縣府提供 250 萬元來補助大家把鈉燈換成 LED 燈，我們大家一起努力讓埔里成為永續城鄉，好不好！」

表 1：彭農友田地實驗電量分析

期別	照燈 天數	品項	盞	電量 (度/時)	小時 /日	使用度 數/盞	平均電 費/度*	實際總 電費/期
2019-1	75	高壓鈉燈 (400W)	8	3.2	11	2,640	3.38	8,945
	75	LED 燈 (80W)	8	0.48	11	396	1.74	693
2019-2	10	高壓鈉燈 (400W)	8	3.2	7	224	1.84	414
	10	LED 燈 (60W)	8	0.48	7	33.6	1.63	55
2020-1	78	高壓鈉燈 (400W)	8	3.2	10	2,496	3.29	8,218
	78	LED 燈 (60W)	8	0.48	10	374	1.73	648

* 此表為彭登業2塊田地的比較，台電提供的電費計算方式採累進費率以及夏季/非夏季用電費計算，此處的平均電費為依彭登業之實際狀況。

**2019-1耕種時間：2018年10月27日-2019年03月27日；2019-2耕種時間；2019年03月27日-2019年09月27日；2020-1耕種時間：2019年10月27日-2020年03月27日。

資料來源：本研究整理

阿其老師接著說：「我們在彭大哥的 1.4 分地上的用電量省了 7-8 成。你們看資料，產量跟原本的鈉燈田地相比沒有變少，電費也省很多。」

「阿伯們不用擔心品質，我們以電腦計算，照光都很均勻，茭白筍都長的一樣快、一樣好，收割的時候很集中，速度更快，LED 燈照射種出來的茭白筍更好吃。」暨大團隊心想，這麼好康，等一下應該很多人想簽同意書吧！

表 2：茭白筍單位面積產能比較

	高壓鈉燈(1年1分地計)	LED燈(1年1分地計)	獲利
產能（公斤）(1)	3,683	3,792	109
經濟效益(元)(2)	368,300	379,200	10,900
電度（度）(3)	2,864	429.6	-2434.4
電價（元）(4)	9,359	748	8,611
全年獲利(2)+(4)	19,511 元		

資料來源：本研究整理

阿其老師接著說：「LED 燈的安裝一開始是比較貴，我們幫大家做了試算，假設陳農友把原本安裝高壓鈉燈的 1 分地換為 LED 燈組，每一盞 5,000 元，需要的成本是 30,000 元，但是每年獲利 19,511 元，他只要 1.54 年就可以收回照明設施成本。如果陳農友把無任何設置的 1 分田拿來安裝 LED 燈，水電施工約 21,500 元，加上 6 盞燈成本約 51,500 元，那他大約 2.64 年後回收成本。果重點是，阿伯，現在燈的部份政府有全額補助，你們只要出燈具架子跟牽電線就好。」

「很重要的一件事，LED 燈沒那麼亮，我們會調整角度，對環境比較好，不要擔心換 LED 燈之後會對田里的魚啦、青蛙啦產生影響，裝好 LED 燈，他們都會過著幸福美滿的生活。」阿其老師自己笑了起來。

「阿伯不用擔心，我們會到田裡現場幫你測量收集田間數據，經過電腦分析後，會再找你們說明燈柱要架在哪裡，所以你們要在這個意願調查表上填寫想申請的田地大小及聯絡資料，其他的我們都會幫你們，很簡單。」阿其老師抬高聲量說著本次說明會的重點。

「LED 可以用多久啊？會很容易壞嗎？」、「一盞那麼貴！壞了以後怎麼辦？」、「燈沒有那麼強，茭白筍會不會長的不好啊？」、「我的田還要整地，整地的費用有補助嗎？沒有補助，我還要花好幾萬吶！」、「換了以後，到時地主要把田收回去？我不就白白損失了？」、「我年紀大了，我這樣種就好了啦！」農友吃完埔里米粉和午餐，許多人中場先離席，留下的農友開始提出許多擔憂。

說明會尾聲，登允助理與勇進助理在收集完意願調查後發現，填寫有意願的農民很少，提出申請的農民都僅僅申請 1-2 分地，只有蔬菜產銷第 25 班的劉宗賢把名下的 2 甲田地全部申請。劉班長和李達量是同一個產銷班，是二十多年互相交流的遠房親戚兼好友，十多年前劉班長也曾經自行購置鈉燈照茭白筍進行試驗，但沒有成功。他過去和工研院及農試所的黃博士的 LED 燈也有接觸並且將名下所有的田地皆採用燈照。但是其他農民都持觀望態度，距離 10 公頃的目標還有一段大差距。

對於第一次說明會的成果不佳，會中甚至有農民把已繳交的合作意向書撤回，劉班長認為：「他們就都採保守態度嘛！不像我就像相信阿其啊！我就看到我弟達量，他先種嘛！要先觀察嘛！我有看到他的產量，我會看數據啊！」劉班長的太太也在一旁補充：「因為很多農民都是租的地，他們都是不會投入建設啦，不像我們，像我們這種就是比較敢嘗試。」

劉班長看到第一次說明會的招募成果不好，他跟登允助理說：「再辦第二次，我把程度好的農民都找來。上次大家忙著吃東西，都沒有好好聽清楚，像這種節能減碳，一定要做的啊！」

劉宗賢班長皮膚黝黑卻很熱情，他口中程度好的是年紀相對較輕、種植成果佳、願意嘗試新事物的農民，於是 2021 年 2 月暨大團隊在劉班長的號召下，再次舉辦說明會，20 多位農友集合在劉班長的場地，當天約有 10 多位農友提出申請。最終在劉宗賢的號召下，有多位的茭白筍農友也加入 LED 燈替換行列。但多數農友只敢拿 1-2 分地出來試驗，因此合計 2 次的說明會只募集到 6-7 公頃，仍無法湊足縣府建設處計畫的 10 公頃目標。

這樣的結果令暨大團隊和大力幫忙的劉班長都感到意外及受挫，連暨大團隊的工讀生也問阿其老師：「我真的很難理解，我們都幫他們出錢出力，又可以省電費，產量也沒有變差，為什麼他們不要呢？」

劉宗賢有些感慨的對阿其老師說：「沒辦法，大家都習慣用慣行農法⁶，而且很多人年紀都大了，就想說，啊我再種也沒多少年了，不要說別人，我自己的 25 班就有好幾位退休了。」他又接著說：「有農民田地是用租的，那他會擔心租借農田的田主簽訂的契約是否夠長期，有些地主看到你種的不錯，他可能也會收回去種啊！或是他可能年紀大了，他要賣掉田也不一定，那農民會想，那我投入的燈具設備怎麼辦？對不對，當初裝的時候那麼貴，賣的時候都不值錢啦！」

埔里農會的幹事也熱心的來幫忙，主動找了一些農民，請暨大團隊個別向農友們說明，包括珠格里蔬菜產銷第 16 班的班長范鴻章（埔里鎮珠格里）在內的 3 位農民，范班長又再邀請一位農民朋友加入，終於湊到 10 公頃的示範田地。

六、從乏人問津到炙手可熱

然而隨著蔬菜產銷第 16 班及 25 班這些產量好的農友加入，一盞一盞的 LED 燈開始在田埂間立起，鈉燈的黃光轉變成 LED 的紫光，其他農友也開始心動。

劉宗賢：「我們種的筍子，人家都看到我們很會種，在地方如果講到茭白筍，人家就會講我跟阿量（李達量），大家都認識我們啦！我們都敢用了，他們怎麼不敢用。」劉班長及李達量這些產量佳的農友漸漸的對其他農友起了示範作用。

⁶ 慣行農法指的是農民普遍使用的農業耕作方法，目前的慣行農法通常指施用化學農藥及肥料來栽培的方法。

30 出頭的李琮龍從科技業轉入茭白筍種植，是所謂的青年返鄉農友，在農民中年紀算是非常小的，只務農資歷 5 年。原本在電腦產業工作，很樂於採用新科技：「我們農業其實可以嘗試一些新的東西。我以前這邊這塊 4 分地，含打井水的電費，一期就要 6 萬多元，以前我看電表都轉很快，燈不敢開很久，現在用 LED 感覺沒有轉那麼快，才敢慢慢照比較長的時間。」李琮龍在 2021 年一次到暨大提供電腦服務時，國企系的教師告知 LED 燈輔助照明計畫，李琮龍以前就看到埔里有些田採用 LED 燈，他覺得很像夜晚開燈時很像檳榔攤很有趣，他也聽別人說，用 LED 燈照的筍比較生長速度比較均勻，於是便立即申請加入暨大的補助，把家中的 5 分地的高壓鈉燈換成 LED 燈。

范鴻章班長：「我的筍田換了 LED 燈具後，周邊的農民紛紛跑來看並詢問如何申請節能節電 LED 燈具的補助。」

2021 年 7 月，縣府補助的 250 萬燈具額度用罄，10 公頃示範田地達標，一共 16 位農民受到補助，其中由劉班長引薦而加入的就有 9 位，主要分布於埔里溪南里、珠格里、水頭里。爾後，各大媒體爭相報導，情勢很快的大逆轉，2021 下半年，阿其老師仍一直接到來詢問補助的農友，無法申請到補助的農友開始尋求關係，以前已經簽約的也想擴大田地，希望還能有機會加入計畫。2022 年初夏，許多農友因為無法申請到縣府建設處的補助費，幾位立委在農民的請求下向縣府提出需求，農業處因此提供 300 萬元補助農民購買燈具，提供一分地 1 萬元，每位農民至多 5 萬元的有條件補助。

劉宗賢：「台電的電費是累進的，正常一度是 2-3 塊錢，像我們這種田種得比較多的人，以前用鈉燈，常常都會高到 6.4 元，嚇死人！那當然要換 LED 燈。」

阿其老師問劉班長和李達量：「如果政府不補助，你們還會想用 LED 燈嗎？」

「會是會啦！但應該就沒辦法那麼多田都用了？」李達量腼腆的回答。

劉班長一貫的率直：「會啦！真的沒人敢像我這樣啦！2 次說明會都簽不夠，我簽那麼多，10 甲地竟然還沒達成！政府最好多撥錢啦！愈多愈好，給像暨大這種研究單位，讓他們來收集數據，給他們研究嘛！然後幫助農民，不然大家都不想種了，一直說青年返鄉，這麼辛苦又賺不了錢，對不對！」劉班長看到許多年輕小農投入卻常常沒有好結果，有感而發。

LED 燈照系統的目的仍是意圖降低過往農業發展的阻礙，但農民有時在以往種植經驗的舊有印象下，數位科技不易介入，有些農民對智慧 PPF 智慧控制系

統⁷進行光照有疑慮，擔心光照不足無法完整促使茭白筍生長，自行開啟光照系統，使其智慧化控制又走回人工驅動。繼 LED 燈照系統後，暨大科技學院也設法要節省水資源，暨大發現在茭白筍的結筍期，農民抽取地下水，藉由大量放水降溫，如果能掌握最佳的用水量、用水時間，便能減少水資源的浪費，因此，暨大科技學院運用 AIoT (Artificial Intelligence of Things) 智慧聯網技術⁸，開發一套手機 APP 以監控水中溶氧、導電度、酸鹼度、溫度，並將數據上傳至雲端，只是一天在田裡工作超過 10 小時的筍農，覺得這些名詞太專業了，看來暨大團隊得想想辦法該如何推動了。

七、問題討論

- (一) LED 燈智慧系統對農民、農業及環境分別帶來什麼影響？
- (二) 請分別討論為什麼 2017 年的試驗及 2021 年的節電示範計畫，多數農友不願嘗試 LED 燈試驗？
- (三) 請討論茭白筍農、工研院、農業委員會試驗所、埔里農會、政府、產銷班及暨大團隊在 LED 燈智慧系統的執行及擴散中各扮演何種角色？
- (四) 請逐一分析苗栗的劉農友、李達量、李琮龍、劉宗賢等農友為何樂於採用 LED 燈照試驗？但為什麼許多農友等到計畫經費用使用完才想加入？

⁷ LED 燈智慧控制光照乃是利用智慧 PPF 控制系統，將 Arduino 光照度控制開關裝置設置於田邊上，第一階段從過往實驗得知太陽光在光照度 30-100 之間，PPF 就會在 0.2 上下，而不會驅動系統開燈作動；第二階段當進入夜間時若低於 0.2 PPF 以下時，就會進行開啟光照系統。

⁸ 物聯網 AI 應用，針對 IoT 設備裝置上執行 AI 或機器學習運算工作，能直接套用 IoT 感測器串流資料用於大數據或機器學習模型推論。

八、附錄

SP21-031

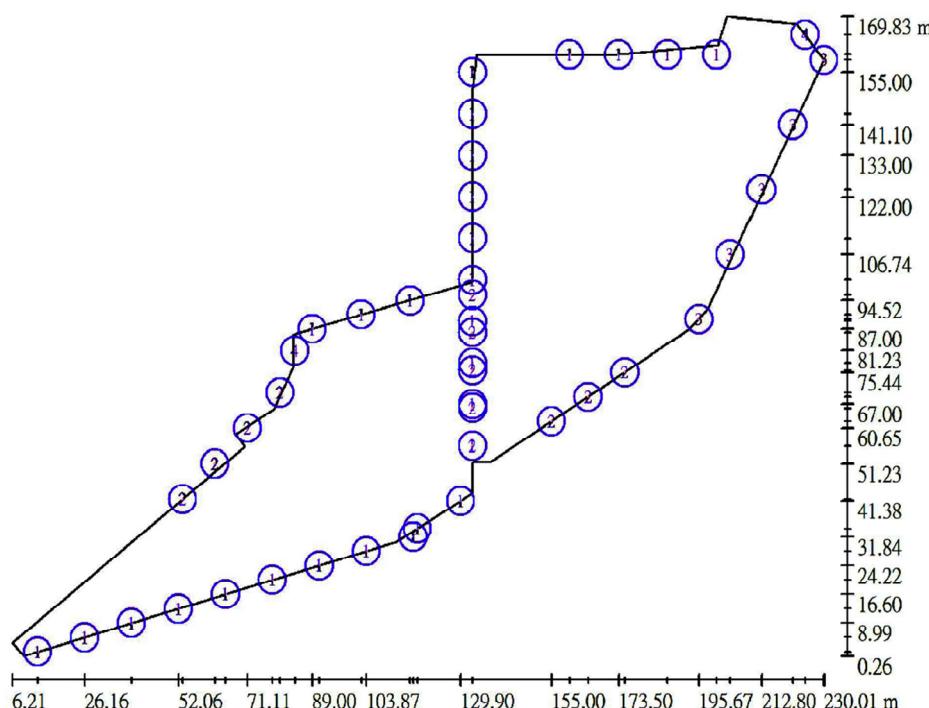
DIALux
02.10.2021

天川系統

80707高雄市三民區明誠一路200號

操作人員 ryan
電話 (07)310-8138
傳真 (07)310-8132
電子郵件

劉宗賢 / 照明 (位置圖)



比例 1 : 1600

燈具表

編號	數量	名稱
1	28	
2	12	
3	5	
4	2	

SP21-031

DIALUX

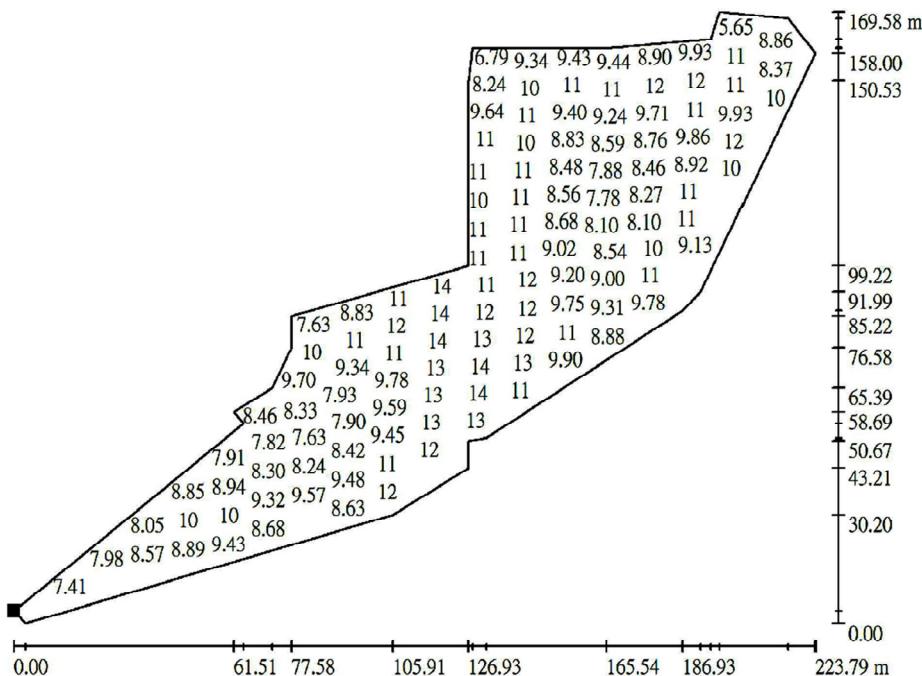
02.10.2021

天川系統

80707高雄市三民區明誠一路200號

操作人員 ryan
 電話 (07)310-8138
 傳真 (07)310-8132
 電子郵件

劉宗賢 / 計算表面 100% / 數值圖表 (E · 豎直)



數值單位 : Lux, 比例 1 : 1600

無法顯示所有計算值。

平面在戶外場景中的位置:

標出的點:

(6.214 m, 3.674 m, 0.500 m)



網格: 128 x 128 點

平均照度 [lx]	最小照度 [lx]	最大照度 [lx]	最小照度 / 平均照度	最小照度 / 最大照度
9.71	3.36	19	0.346	0.178

圖 4：劉宗賢之 4 分地計算後之 LED 燈設置點（圓點）

資料來源：本研究整理

埔里的菱白筍農們—智慧 LED 燈照系統



圖 5：劉宗賢之 4 分地空拍及 LED 燈設置後之夜晚空拍圖

資料來源：研究整理

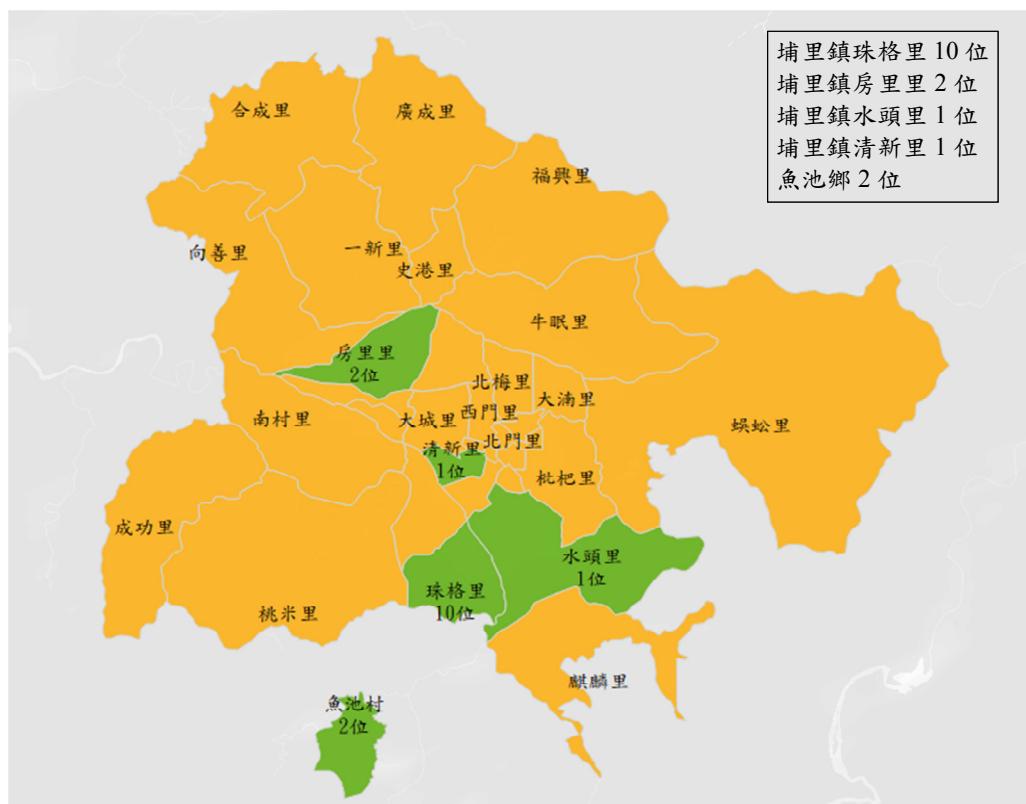


圖 6：LED 燈菱白筍示範場域分佈(綠色區域)

資料來源：本研究整理

貳、教學手冊

一、教學效益與目標

本個案有三個主要討論議題，希望藉由個案討論使學生：

1. 了解智慧農業及農業的數位轉型應用。
2. 了解一項創新的擴散過程。
3. 了解政府補助創新的研發及大學在創新中的功能。

二、適用課程及建議

本個案設計為管理型個案，上課時間為八十分鐘，適合管理學院大學部三年級以上學生及碩士生。主題包括創新採用、創新擴散、智慧農業、農業數位化的轉型等，適用課程包括：科技管理、管理資訊系統等。

三、相關理論與知識

本個案分析所需運用到之相關知識與背景，分別討論如下：

(一) 創新擴散理論 Innovation Diffusion Theory

創新擴散理論主張隨著時間的推移，一個新的事物如何獲得動力並透過特定人群或社會系統蔓延 (Rogers, 1995)，人則是社會系統的一部分，利用某種溝通管道，經過一段時間，社會系統內的人們感受到這個是新的事物是創新的，採用了這個新的事物，也就是一個人所做的事情與之前不同 (Rogers, 1962; 1995)。

創新的擴散是一個過程，某些人比其他人更傾向於採用創新。擴散必須考慮時間的因素，創新與決策過程必須經過知識、說服、決定、實行、確定等五個階段。每個階段的出現有先後的順序，依其採行的相對時間可分為創新者、早期採用者、早期參與者、晚期採用者、落後者等五種類型，不同類型的創新採用者有著不同的特徵 (Rogers, 1962; 1995)。在推廣一項創新時，瞭解目標人群的特徵有助於創新的推廣，可使用不同的策略來吸引不同類別的採用者。

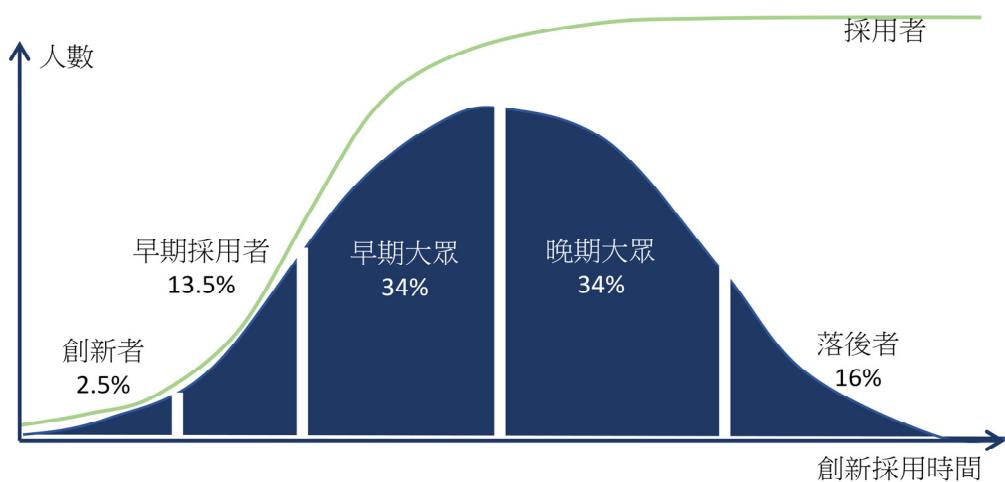


圖 7：創新擴散
資料來源：本研究整理

1. 創新者(Innovators)：創新者富有冒險精神，對新想法感興趣。他們願意承擔風險，在創新交流過程中發揮著非常重要的作用 (Rogers, 1962)。
2. 早期採用者(Early Adopters)：早期採用者是意見領袖，喜歡領導角色、樂意嘗試新鮮事物並接受變革機會。他們已經意識到改變的必要，所以非常樂意採納新的想法。他們不需要資訊來說服他們進行改變 (Rogers, 1962)。
3. 早期大眾 (Early Majority)：這些人很少是領導者，但是有思想的一群人，比較謹慎，他們通常需要看到證據，證明創新是有效的才願意採用。吸引這部分人的策略包括成功案例和創新的有效性證據 (Rogers, 1962)。
4. 後期大眾(Late Majority)：他們對變化持懷疑態度，只有在大眾普遍接受了新鮮事物的時候才會採用。吸引這部分人的策略包括關於有多少人嘗試過該創新並成功採用的資訊 (Rogers, 1962)。
5. 落後者(Laggards)：是保守傳統的一群人，習慣於因循守舊。他們對變化持懷疑態度，是最難拉攏的群體。只有當新的發展成為主流、成為傳統時，他們才會被動接受。吸引這些人的策略包括統計數字、恐懼的呼籲和來自其他採用者群體的壓力 (Rogers, 1962)。

Rogers(1962) 認為一項創新是否會獲得人們的採納，取決於人們對下列五方面的主觀評價：(1)相對優越性：認為某項創新優越於它所取代的舊事物的程度，也就是人們主觀的認為創新比原來的更有益。(2)相容性：某項創新與現有價值觀、過去的經驗、潛在採用者的需求相一致的程度；(3)複雜性：某項創新能被理解和運用的難度，創新被瞭解及使用上的困難度愈低，則愈易被採行；

(4)可試用性：創新在有限基礎上可被試用的程度，創新若是可以嘗試的，則較易被採行；(5)可觀察性：創新的結果是可以觀察到的、能為他人看見的程度。被個人認為具有更大的相對優勢、相容性、可試用性、可觀察性和較低的複雜性的創新，將比其他創新更迅速地被採用。

創新須藉著某種溝通管道將採用者與潛在採用者之間聯繫起來，溝通管道可以是大眾傳播，也可以是人與人之間直接的溝通。通常創新傳播最重要的管道是人們之間的模仿，而這種傳播方式當傳播者及接收者的同質性愈高時，則傳播效果愈好。所謂同質性是指信念、教育程度、社會地位等的相同(Rogers, 1962; 1995)。

在社會系統內有四個層面會影響到創新擴散：(1)社會結構，有正式的與非正式的兩種。正式的社會結構通常是政府機構，非正式的社會結構通常會形成一個溝通系統，兩者都會影響創新的擴散；(2)社會規範，是社會系統內人們既定的行為方式，創新的事物如果與其相容，就較易擴散；(3)意見領袖，通常與外界有較多溝通、見聞較廣、社會地位較高者，較能接受創新，因此常是社會系統內溝通網路的中心；(4)創新決策的類型，以個人對決策影響程度之大小，分為個人決策、團體決策、權威者決策三種類型(Rogers, 1995)。

（二）科技及知識的外溢效果

外溢效應經常被用在研究和發展(R&D)的投資情境，指的是 R&D 投資的收益沒有被投資者完全佔有，而是擴散到其他非投資方 (Han et al., 2011)。由於 R&D 最後的產出多是無形的知識或資訊，知識或資訊常有著與公共產品類似的非競爭性和非排他性的特性，知識可能在無意的情況下被轉移到非 R&D 的投資方，形成知識的外溢(Han et al., 2011)。同樣的，技術外溢(Technology spillover)是指在沒有成本分攤的情況下，企業從其他企業的研究和開發工作中獲得的非意圖性的技術利益 (Sun & Fan, 2017)。個案中，農試所黃晉興博士及工研院的菱白筍田實驗所產生的知識及技術皆對暨大團隊在投入 LED 燈系統的創新帶來正向的外溢效應。

（三）政府補助與創新

創新過程有二個驅動力：技術推動和需求拉動，分別代表著技術研發促成的創新及市場需求拉動的創新。在創新擴散之 S 曲線的早期（圖 7），技術推動力一般大於需求拉動，到了 S 曲線後期，隨著需求拉動變大，技術推動力逐漸減小 (Wonglimpiyarat & Yuberk, 2005)。

政府以研發補助方式進行干預以提供公共福利並減低外部性、進入障礙、資訊的不對稱等因素，成為改進研發市場失靈的方法之一 (Ebersberger, 2005)，因此政府補貼可以刺激創新(Nie et al, 2022)。中小型及小微企業更不易進行技術的創新，因為創新具有高度不確定性與風險，中小企業普遍性資金不充裕，因而形成進入障礙。加上創新之規模與創新之風險可能遠超過一個中小企業所能承擔，因而需要外界資源的挹注，像是公共（高等教育和政府）的補助與支持。公共的研發工作一直被認為對促進一個區域的創新十分重要性(Cabrera-Borrás & Serrano-Domingo, 2007)，創新系統要有效運行，必須視產業、政府及大學之間能否有效連結與互動(Georghiou & Metcalfe, 1998)。過去的研究指出當公共的研發所產生的創新採用率較低時，會迫使政府重新審視其管理研發系統的政策 (Wonglimpiyarat & Yuberk, 2005)，因此，各國政府多會對 R&D 的投資採取各種獎勵措施，像是減稅優惠、財務補助等來彌補技術低度投資的缺口可能造成的市場失靈 (Audretsch et al., 2019)。Steinmueller (1996)更明白指出政府的研發補助著重在科學知識的累積，並影響應用研究的價值，增加企業創新的報酬，也就是說政府的研發補貼，對創新的推展存在著激勵和外溢的雙重效應。

政府研發補助被視為是在國家創新體系內建立新網絡的手段，有助於國家整體經濟之發展 (Lundvall, 1992)。大學在創新擴散的角色以初期創新的研發為主，USR 計畫亦為政府支援大學研發之補助，希望讓大學能更了解地方發展脈絡，理解地方問題，提出可能創新解決對策，期待大學整合相關知識、技術與資源，聚焦於區域或在地特色發展所需或未來願景，強化在地連結，吸引人才群聚，促進創新知識的運用與擴散，帶動地方成長動能。

（四）農業的數位轉型

數位轉型(Digital transformation)關注數位科技可以為企業的商業模式帶來的變動，從而導致產品或組織結構/流程自動化的改變 (Hess et al., 2016)，數位轉型是一個過程，透過資訊、運算、通訊和連接科技的組合引發個體（個人/企業/城市）特性的重大變化，從而改善此個體。數據是推動數位轉型的重要元素，企業可能為了更有效掌握複雜的數據而進行數位轉型，透過像是 IOT 裝置，收集生產的環節的資料回傳到管理單位，透過交換控制資訊，更精準且高度客製化生產流程的控制及規劃，實現流程的整合(Liere-Netheler et al., 2018)。

趨動個體進行數位轉型包括內外部因素，內部因素包括像是流程改善及創新、員工工作效率、優化決策、掌握數據等（張逸翔，2020），市場的趨勢及同

業間的競爭則是趨動企業進行數位轉型的外部因素，當競爭對手紛紛採用新的科技時，公司希望保有競爭條件下，會比較有意願從事轉型(Liere-Netheler et al., 2018)。數位轉型的最大障礙之一是慣性，企業現有的資源和能力可能就是變革的障礙 (Islam et al., 2017; Svahn et al., 2017)。

農業數位轉型關注於農業的生產現場及產銷模式，如何運用創新技術，掌握農事供應鏈中的數據，提高農業經營的生產效率、掌握消費者實際需求、創造消費者對食品價值感等（農業科技決策資訊平台，2021）。農業數位轉型似由智慧農業延伸，係「以現行產業生產模式為基礎，因應消費市場需求進行產銷規劃，生產管理上輔以省工省力機械設備、輔具及感測元件的研發應用，並結合跨領域之資通訊技術 (ICT)、物聯網 (IoT)、大數據 (Big Data)分析、區塊鏈 (Block Chain) 等前瞻技術導入，減輕農場作業負擔降低勞動力需求，提供農民更有效率的農場經營管理模式，生產符合消費者需求，安全、安心及可追溯的農產品。」(智慧農業專案推動小組，2022)。

數位科技常需要很高的投資，對小農具有挑戰性(Villa-Henriksen et al., 2020)，所需成本的不確定性及農產品的售價，讓許多農民投資新技術帶來的利潤微乎其微(Higgins et al., 2017)。在投資數位科技時信任也很重要，相關技術提供者必須向農民展示採用科技可帶來的收入，減少農民的風險意識 (Jayashankar et al., 2018)，同時，需要提供符合農民需求和實務的有效工具，讓農民接受和信任新的數位技術，並向農民展示數位科技可帶來的財務回報以增加農民的感知價值，降低農民採用的感知風險(Villa-Henriksen et al., 2020)。

四、問題討論

(一) LED 燈智慧系統對農民、農業及環境的影響

表 3：農民置換 LED 燈經濟效益評估

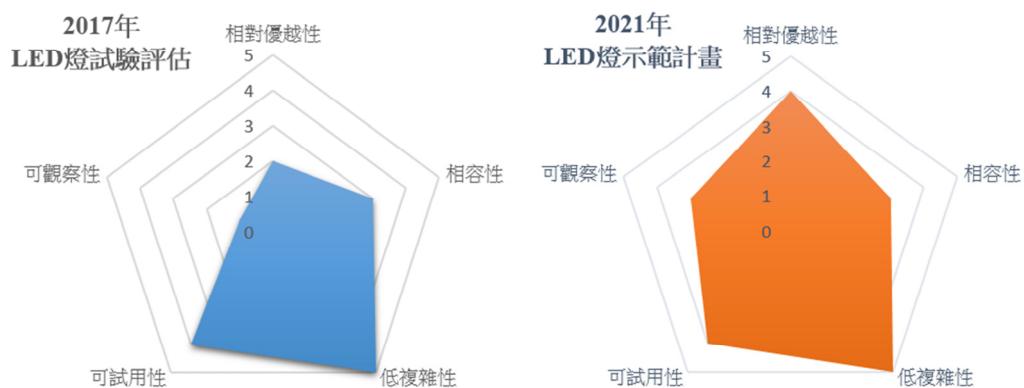
	前置費	燈費	補助	第一年初	第二年初	第三年初
現有鈉燈設置 1分地	0	-30,000	30,000	0	19,511	19,511+19,511 =39,022
無任何設置 1分地	-21,500	-30,000	30,000	(-21,500)	19,511 - 21,500	19,511 - 1989 =(-1,989) =17,522
單位：元						

資料來源：本研究整理

1. **對農民的影響**：主要為經濟面的相對優越性，根據說明會舉的例子及表 2 資訊，可以試算農民要投入的費用如表 3，對田地已裝鈉燈的農民而言，幾乎無需付出成本，但若尚未裝鈉燈的田地，每分地需 21,500 元，一位農民若有 5 分地，就需要 107,500 元，對收入低的農民是一筆不小的費用。但個案表 1 顯示農友每一年每分地經濟收益與節省電價為 19,511 元，無任何設置的田地在第 3 年便有正的經濟效益。個案中亦提及電費是累計的，田地較多的農友節省的電費更可觀。
2. **對農業的影響**：包括對茭白筍產量及品質的控制，最早農友藉助燈照是為了因應氣候變遷導致的種植困難、產量減少，因此藉助 LED 燈同樣可以控制茭白筍的生長及產量，由暨大團隊發展的 LED 智慧系統以數據進行電腦模擬，可以防止 LED 光照的不均勻覆蓋（文中圖 1），解決矮化現象及產期調控，使筍的品質更一致，收成較穩定，讓茭白筍種植朝智慧農業轉型。
3. **對環境的影響**：LED 燈照可以降低高壓鈉燈帶來的光害，同時也降低光害，LED 燈照對於環境與田間生物多樣性並未因更換燈罩系統而有所減少，剛好與聯合國永續發展目標(SDGs)的目標相符合。

（二）2017 年試驗及 2021 年的節電示範，多數農友不願嘗試 LED 燈試驗分析

可以以雷達圖的方式分別帶領學生評估 2017 年試驗及 2021 年示範計畫，農民對 LED 燈系統的創新採用五項因素的評估。



- **相對優越性**：農民不確定 LED 燈是否真的優於鈉燈，擔心筍子的品質會改變。多數農友皆採用慣性農法，農友已習慣過去高壓鈉燈照的方式，LED 燈對品質與產量沒有相關數
- **相對優越性**：暨大提供的數據說明了 LED 燈的相對優勢。然而創新的相對優勢需要時間，部分農友想法較為保守，無明顯、穩定、賺更多的前提下不想置換。

據做基礎，無法判斷LED燈的相對優越性，因此會覺得麻煩，沒有足夠的相對優越性時，採用意願便低。

- 相容性：雖然農民只是換燈具，跟過去的種植方式相容性高，但是菱白筍一期的生長期長達四個月，若LED燈的成效不佳，影響當期的收入，中間要替換燈具也不容易，因此，多數農友不願意當第一個試行者，在相容性上可能持平。
- 可試用性：暨大團隊允諾負擔所有的器具費用及農損的差額，增加可試用性，所有的安裝、測量、資料收集也由暨大團隊進行，使採用LED燈的複雜度大大降低，使彭登業農友願意採用。
- 可觀察性：沒有農友使用過LED燈，無法觀察LED燈會對菱白筍的收成有什麼影響。
- 複雜性：LED燈智慧系統要以電腦模擬及數據計算，但皆由暨大團隊負責，農民無需要操心，因此複雜性被降低。
- 相容性：多數農友相信自身的耕作經驗，在政府補助案之前埔里使用LED燈茭白筍田仍是少數，造成大部分農友信心不足，擔心LED光照強度、光通量密度等較鈉燈低會造成農業損失。
- 可試用性：相較於2017年的試驗是由暨大全面補助，2021年的補助僅限於燈具，農民必須自行負擔電線及燈柱費用，若田地是用租的，地主回收時設備變成沉入成本，可試用性較低，降低農友更換的意願。燈柱購置、設置、移動成本高，需要時間回本，讓農友卻步。
- 可觀察性：2021年已經好幾位農友試行LED燈且成果良好，可觀察性提高。但圖6可以發現試行者集中在少數幾個里，其他區域的農友可能因為週邊熟識的農友沒有人採用LED燈，不敢嘗試。
- 複雜性：同樣由暨大負責安裝及監測，複雜性低。

圖 8：2017 年 LED 燈試驗評估及 2021 年 LED 燈示範計畫

資料來源：本研究整理

（三）茭白筍農、工研院、農業委員會試驗所、埔里農會、政府、產銷班及暨大團隊在 LED 燈智慧系統的執行及擴散角色

茭白筍農是實際的需求及使用者，農民的採用系統才能擴散。但文中也提到筍農工作量大、資源少，農民沒有能力亦無資金投資研發，原有的鈉燈使用也只能土法練鋼，必須仰賴其他單位研發及補助。但是農民對 LED 燈有諸多疑慮，筍農必須願意採用 LED 燈，智慧系統才可能擴散。

工研院、農試所過去在燈照的研發提供暨大理論的先備知識，暨大在 LED 燈系統的研發上並非從零開始，而是站在巨人的肩膀上，巨人指的是工研院、農業試驗所過去在農業燈照研究的理論及知識基礎上，這些知識及技術外溢，幫助暨大很快的針對先前燈照的問題（燈具貴、照射不均等）進行改善。

政府提供資金及協助，解決地方問題（電費昂貴及燈照不均的情況）、達成節電的效益並改善環境（降低夜間光害、燈照不均的情況），促成 LED 燈的創

新。暨大的研發最早是由USR補助，由於創新的實驗階段成本很高，農民投入研發的能力不足。而暨大科院USR依循教育部設定目標，運用科技學院專業技術與學養，提出創新解決對策，因為有USR補助，使暨大有資金進行LED燈系統早期的研發，支援大量人力進行田野調查的工作，若沒有政府的支援，暨大亦難以進行研發所需要的資金。在創新初期，USR的補助促使暨大研發及改善LED燈系統，帶來創新。接著在S曲線中後期，需求拉動變成關鍵，南投縣府提供550萬元補助燈具（建設處250萬、農業處300萬），補助農民降低置換LED燈的成本，提高農民更換LED燈的動機，使創新得以擴散。

暨大團隊的角色在於提供研發能量，提供符合農民需求和實務的有效工具。暨大藉助先前工研院及農試所的知識外溢，同時有USR及南投縣政府的補助，能在研發上投入人力及時間，藉助資訊科技幫助農友以科學的方式研發LED燈智慧系統，同時尋找價格與品質合理的LED燈具廠商，確保LED燈的照明效果及可執行性。缺乏專業的農業及管理知識將難以了解與釐清先前工研院燈照無法推動的原因。其次，暨大藉由在埔里的在地優勢，可以頻繁與茭白筍農民溝通、結合農會舉辦說明會及宣傳，可以說在LED燈創新的早期研發、執行及後期的推廣皆扮演著重要的角色。

農會及產銷班則是暨大與農民溝通的橋樑，是農民資訊交流、創新訊息的重要溝通通路，光是產銷班25班的劉班長引薦而加入的農友就有9位（共16位），從圖6也可以看出示範田地的場域分佈集中在珠格里及其周邊，顯示非正式傳播（農會及產銷班）在創新的擴散中的重要性。

（四）不同農友面對LED創新採用的態度分析

創新必須藉由不同溝通管道才得以散播出去，LED燈的早期的傳播是透過非正式的社會結構及人與人之間的溝通管道，像是彭登業是透過暨大兼任講師介紹、李達量是個人關係接觸暨大老師、魚池葉姓農友則是彭登業的親戚，而劉班長則是李達量的親戚兼好友，年輕的李琮龍也是從暨大老師口中得知訊息，另外，在縣府補助案中，16位農友中有2/3是因為劉班長的介紹（圖9）。創新擴散理論認為創新傳播最重要的管道是人們之間的模仿，當傳播者及接收者的同質性愈高時，則傳播效果愈好，李達量、劉班長和李琮龍在農友的年紀中都算是年輕的。

然而透過非正式的溝通管道及人與人之間的溝通，在創新擴散的範圍及速度皆較受限，因此暨大團隊藉由舉辦說明會等活動及在各種媒體上曝光，讓更多的人接解到 LED 燈照系統的資訊。

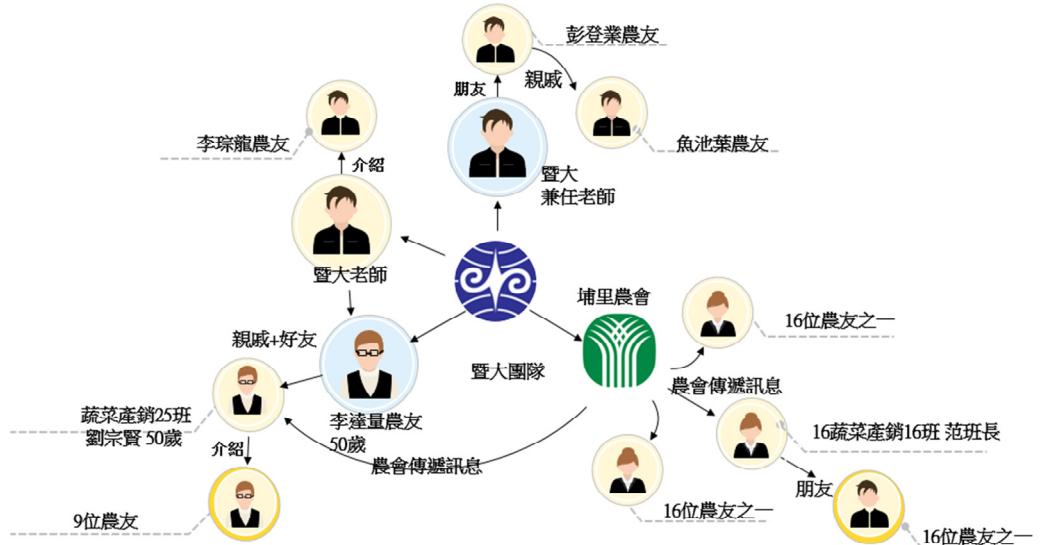


圖 9：裝設 LED 燈具農友人物關聯圖

資料來源：本研究整理

另外，趨動個體進行數位轉型的因素包括內外部因素，因此筭農會受到自身年紀、背景、田地狀況（自有或租賃）、資金等內部因素影響，同時也會受到當時此創新是否普及、其他農友是否已經採用等外部因素影響。

1. 彭登業是最早的採用者，可以說是一位早期創新者。由於 2017 年暨大剛開始試驗如何將 LED 燈取代高壓鈉燈，結果及成效充滿不確定性及風險，最先採用的人必須承擔這些不確定性，暨大為了減低這些風險，在計畫補助下，給予彭登業全面的補助及可能的收成損失，大大減低彭登業的風險，使他願意配合試驗。而彭登業是透過一位暨大兼任教師而接觸到暨大，因此是一種非正式社會結構的傳播。
 2. 苗栗劉農友本身持有田地，看到 2018 年暨大在彭農友的 LED 燈照茭白筍成果發表會產生興趣來詢問暨大與自行購置置換 LED 燈。同一時期還有彭登業的親戚，魚池的葉農友，他們都算是早期採用者。而李達量農友也是係透過朋友接觸到暨大的 LED 燈實驗，這樣的擴散方式也是透過非正式的社會結構進行創新傳播，他也可以算是早期採用者。

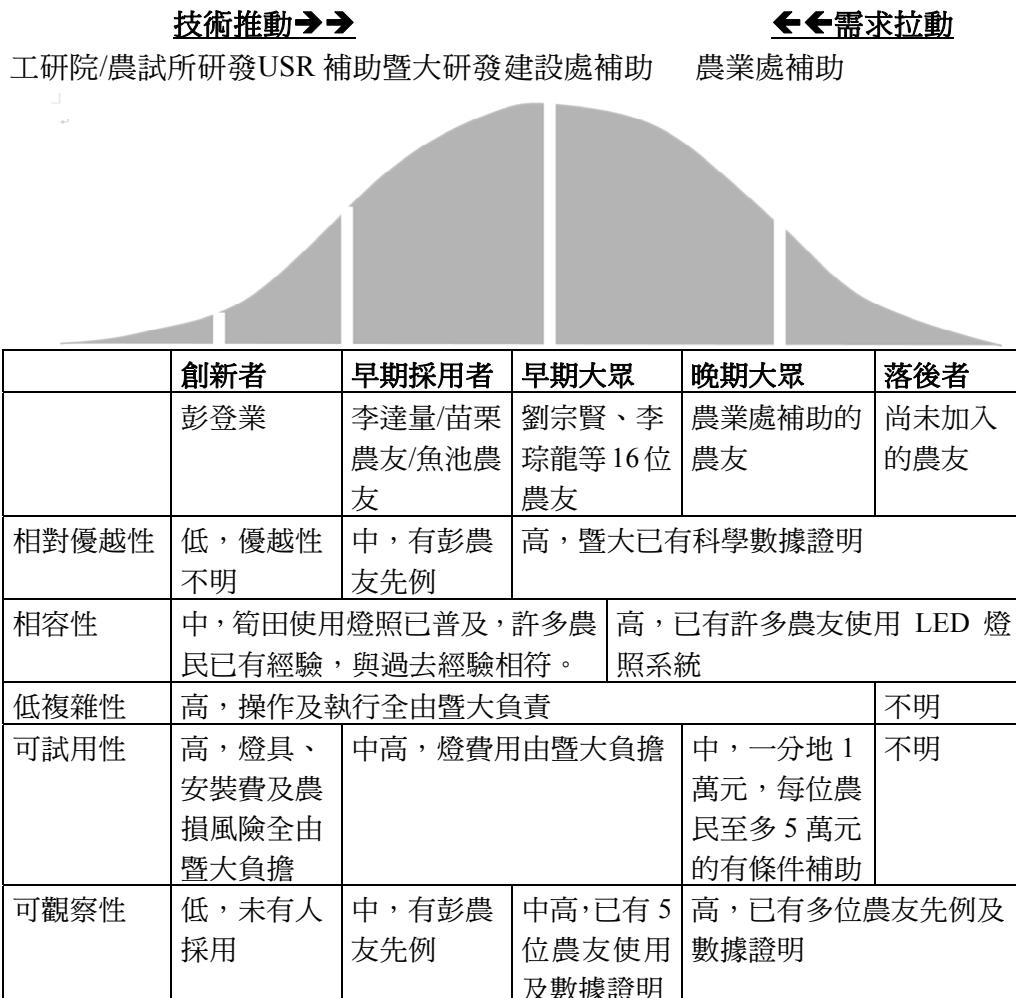


圖 10：LED 燈照系統的創新採用與政府補助

資料來源：本研究整理

3. 劉班長是早期大眾，也是一位意見領袖、喜歡領導角色、樂意嘗試新鮮事物並接受變革機會。與李達量同一個產銷班，在氣候不佳的情況下觀察到電燈下的茭白筍生長良好且穩定的現象後自行購置鈉燈照茭白筍進行試驗，在十年前 LED 廠商聯繫進行試驗，最終止步於 LED 燈具成本過高及 LED 燈照系統尚不成熟。在得知暨大的研究成果發表與縣府的計畫補助後就積極加入。在南投縣府補助的計劃 16 位農友中有 9 位是可以看出劉班長的意見對其他農友深具影響力。同一時期加入的李琮龍本身為返鄉青年投入在地產業，對於 LED 燈照茭白筍能節省電費等新技術較有興趣，透過暨大教授介紹進而加入。這一批農友間皆有關聯性，顯見非正式社會結構的

傳播之重要。

- 計畫經費花完才想加入的農友，因為得知其他農友紛紛改換 LED 燈，同時看到鄰田置換 LED 燈具、種植效果不錯，故而引起動機想了解加入置換 LED 燈具，或是原先有諸多考量，像是田地不是自有的、年紀大了等，這些農友不輕易採用創新，偏向創新的落後者。不同時期的創新者如圖 10。

五、教學規劃

表 4：教學規劃

時間	主 題	討 論 重 點
10分	茭白筍種植的困境	<ul style="list-style-type: none"> 近年茭白筍的種植遇到什麼問題？農民使用高壓鈉燈的用意為何？（為回應氣候變遷造成的矮化現象） 高壓鈉燈的使用有什麼問題？（電費、光害、照光不均等）
10分	燈照系統	<ul style="list-style-type: none"> 暨大的 LED 燈照系統的做法為何？改善了工研院的 LED 燈那些問題？ 由暨大來發展及推廣 LED 燈實驗的優勢為何？ LED 燈智慧系統對農民、農業及環境帶來什麼影響？
30分	燈照系統的採用	<ul style="list-style-type: none"> 為什麼 2017 年暨大一開始在尋求實驗場地時，多數茭白筍農不願接受試驗？ 你覺得彭登業為什麼會答應暨大的請求同意 LED 燈的實驗？ 在 2021 年政府已提供燈具的補助下，為什麼 80 位參加說明會的農友僅有少數的農友有意願加入？ 為什麼農友都只申請 1-2 分地？ 農友在決定採用 LED 燈替換高壓鈉燈時會考量那些因素？ 圖 6 中，為什麼 LED 燈的採用農友僅分佈在少數幾個里？ 苗栗的劉農友、李達量、李琮龍、劉宗賢他們對 LED 燈的採用態度為何？他們之間的關聯性為何？ 後來計畫經費用完才想加入的農友為什麼會想採用了？
25分	政府補助的知識外溢效果	<ul style="list-style-type: none"> USR 計畫、建設處及農業處的補助在 LED 燈照系統中提供什麼貢獻？ 工研院、農試所、農會及產銷班在燈照系統中提供什麼貢獻？ 暨大在 LED 燈照系統中提供什麼貢獻？ 如果政府及暨大沒有投入 LED 燈的補助及研發，LED 用在茭白筍的種植的應用是否還可能發生？ 政府、暨大在 LED 燈的推廣上擴散中扮演什麼角色及功能？
5分	結語	<ul style="list-style-type: none"> 茭白筍農在其農事中採用新科技時可能會有什麼困難？ 在智慧農業的創新上，農民、政府和大學等研發單位之間應該如何合作？

資料來源：本研究整理

參考文獻

張逸翔，2020，數位轉型之實務探討：驅動因子、關鍵要素，及績效評量，國立政治大學企業管理研究所未出版碩士論文。(Chang, Y. H, 2020, **An Empirical Study of Digital Transformation: Drivers, Key Factors, and Performance Evaluation**, Unpublished Master's Thesis, Department of Business Administration at National Cheng Chi University.)

農業科技決策資訊平台，2021。「農業數位化轉型 DX ~農業×數位化開拓食農新未來」，<https://agritech-foresight.atri.org.tw/article/contents/3663>, accessed on May 1, 2022. (Agriculture Science & Technology Decision Making Information Platform, 2021, “**Agriculture Digital Transformation~ Agriculture x Digital Explore the Agriculture Future,**” <https://agritech-foresight.atri.org.tw/article/contents/3663>, accessed on May 1, 2022.)

智慧農業專案推動小組，2022。「智農是什麼」，<https://www.intelligentagri.com.tw/xm/doc/cont?xsmsid=0J164373919378174143>, accessed on June 12, 2022, accessed on June 12, 2022. (Smart Agriculture Project, 2022, “**What is Smart Agriculture,**”

<https://www.intelligentagri.com.tw/xm/doc/cont?xsmsid=0J164373919378174143>, accessed on June 12, 2022.)

Audretsch, D. B., Link, A. N., and Scott, J.T., 2019, “Public/private Technology Partnerships: Evaluating SBIR-supported Research” In Link, Albert N. and Scott, John T. (eds.), **The Social Value of New Technology**, 1st, Northampton, MA: Edward Elgar Publishing, 264-278.

Cabrera-Borrás, B. and Serrano-Domingo, G., 2007, “Innovation and R&D Spillover Effects in Spanish Regions: A Spatial Approach,” **Research Policy**, Vol. 36, No. 9, 1357-1371.

Ebersberger, B., 2005, **The Impact of Public R&D Funding**, 1st, Finland: VTT Technical Research Centre of Finland.

Georghiou, L. and Metcalfe, J. S. 1998, “Equilibrium and Evolutionary Foundations of Technology Policy,” **STI Review-Special issue on New Rationale and Approaches in Technology and Innovation Policy**, 22.

Han, K., Chang, Y. B., and Hahn, J., 2011, “Information Technology Spillover and Productivity: The Role of Information Technology Intensity and Competition,” **Journal of Management Information Systems**, Vol. 28, No. 1, 115-146.

Hess, T., Matt, C., Benlian, A., and Wiesböck, F., 2016, “Options for Formulating a Digital Transformation Strategy,” **MIS Quarterly Executive**, Vol.15, No.2, 123-139.

Higgins, V., Bryant, M., Howell, A., and Battersby, J., 2017, “Ordering adoption: Materiality, Knowledge and Farmer Engagement with Precision Agriculture Technologies,” **Journal**

- of Rural Studies**, Vol. 55, 193-202.
- Hsiao, V. K., Cheng, T. Y., Chen, C. F., Shiu, H., Yu, Y. J., Tsai, C. F., Lai, P.C., Tsai, M. C., Yang, C. C., Chien, H. Y., Chen, K. F., and Tsai, Y. P., 2020, “Optimized LED-Integrated Agricultural Facilities for Adjusting the Growth of Water Bamboo,” **Applied Sciences**, Vol. 10, No. 4, 1330.
- Islam, N., Buxman, P., and Eling, N., 2017. “Why Should Incumbent Firms Jump on the Start-up Bandwagon in the Digital Era? - A Qualitative Study,” Proceedings of the Wirtschaftsinformatik Conference, St. Gallen, Switzerland.
- Jayashankar, P., Nilakanta, S., Johnston, W. J., Gill, P. and Burres, R., 2018, “IoT Adoption in Agriculture: The Role of Trust, Perceived Value and Risk,” **Journal of Business & Industrial Marketing**, Vol 33, No. 6, 804-821.
- Liere-Netheler, K., Packmohr, S., and Vogelsang, K., 2018, “Drivers of Digital Transformation in Manufacturing,” Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS) 51, Waikoloa Beach, USA.
- Lundvall, B. A., (Ed.), 1992, **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**, 1st, London, UK: Pinter Publishers.
- Nie, P. Y., Wang, C., and Wen, H. X., 2022, “Technology Spillover and Innovation,” **Technology Analysis & Strategic Management**, Vol. 34, No. 2, 210-222.
- Rogers, E. M., 1962, **Diffusion of Innovations**, 1st, New York, US: The Free Press.
- Rogers, E. M., 1995, **Diffusion of Innovations**. 4th, New York, US: The Free Press.
- Steinmueller, W. E. 1996, “Technological Infrastructure in Information Technology Industries,” in Teubal, M., Foray, D., Justman, M., Zuscovitch, E. (eds.), **Technological Infrastructure Policy. Economics of Science, Technology and Innovation**, Vol 7, Dordrecht: Springer, 117-139.
- Sun, Y. and Fan, P. 2017. “Technology Spillover,” in Richardson, D., Castree, N., Goodchild, M.F., Kobayashi, A., Liu, W. and Marston, R.A. (eds.), **International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology**, 1st, Oxford: Wiley-Blackwell.
- Svahn, F., Mathiassen, L., and Lindgren, R., 2017, “Embracing Digital Innovation in Incumbent Firms: How VOLVO Cars Managed Competing Concerns,” **MIS Quarterly**, Vol. 41, No.1, 239-253.
- Villa-Henriksen, A., Edwards, G. T., Pesonen, L. A., Green, O., and Sørensen, C. A. G. 2020, “Internet of Things in Arable Farming: Implementation, Applications, Challenges and Potential,” **Biosystems Engineering**, Vol. 191, 60-84.
- Wonglimpiyarat, J. and Yuberk, N., 2005, “In Support of Innovation Management and Roger’s Innovation Diffusion Theory,” **Government Information Quarterly**, Vol. 22, No. 3, 411-422.

作者簡介

楊智其

國立暨南國際大學土木工程系博士，目前為國立暨南國際大學土木工程系專案助理教授。研究領域包括奈米科技、淨水處理、廢水處理、社區營造等。學術論文曾發表於Water, Applied Sciences, Journal of the Air & Waste Management Association 等期刊。

E-mail: yangcc@ncnu.edu.tw

陳小芬

國立中央大學資訊管理系博士，目前為國立暨南國際大學資訊管理系教授。研究領域包括電子商務、政府開放資料應用、數據分析、ERP與供應鏈等。學術論文曾發表於資訊管理學報、中山管理評論、管理評論、管理個案評論、Electronic Commerce Research and Applications, Information & Management, Decision Support Systems, International Journal of Innovation in Management等期刊。

E-mail: jessica@ncnu.edu.tw

蔡勇斌

國立中央大學環境工程研究所博士，目前為國立暨南國際大學土木工程系特聘教授。研究領域包括廢棄物再利用、污泥處理與處置、藻類生質能、生物可分解塑膠、奈米材料應用、營養鹽去除、重金屬、控制生物膜及最佳化控制等。學術論文曾發表於Environmental Science and Pollution Research, Water, Applied Sciences, Journal of the Air & Waste Management Association, Applied Sciences, Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology. RSC Advances等期刊。

E-mail: yptsai@ncnu.edu.tw

陳谷汎

國立中山大學環境工程研究所博士，目前為國立暨南國際大學土木工程系特聘教授。研究領域包括土壤及地下水污染調查與整治、水及廢水處理、電化學高級氧化、農業廢棄物循環再利用、水資源及流域管理及噪音評析與控制等。學術論文曾發表於Journal of Hazardous Materials, Chemosphere, Water Environment Research, Environmental Science and Pollution Research, Water, RSC Advances等期刊。

E-mail: kfchen@ncnu.edu.tw