

南臺人文社會學報 2019 年 5 月

第二十一期 頁 53-85

台灣新科技之植物工廠正在演繹農業地理

蔡漢生*

摘要

台灣跟隨歐美日等先進國家，掀起以模擬自然環境之環控式植物工廠的農產品生產模式，目的是全年能有計畫且穩態地工業化量產作物，以提高農業的生產效能，這種農業稱之為環控農業。臺灣以優異的農業技術基礎，結合機電、資訊、半導體、光電等科技實力，實踐植物工廠的在地創新，經由溫室的太陽光利用型、再研發出密閉式的完全控制型，因而逐步減弱作物生產對土壤、水利和氣候的依賴，打破傳統農業受品種、地域和季節的生產侷限，能隨時隨地以植物工廠生產任何作物。本研究以台灣的環控農業發展為例，探討它對農業地理的衝擊。本研究發現：因完全控制型植物工廠的建造和營運成本較高，現今主要由企業選擇生產高附加價值的溫帶蔬果或非洲沙漠冰花；也因其生產區位的選擇更彈性，所以追求獲利之商業模式的創新空間更大，有像樂活生技等企業在傳統農村投資植物工廠，也有像台達電等科技廠將工業區或工業用地的廠房改建為生產高單價作物的植物工廠，更有像太平洋鮮活公司將植物工廠建在台北市大安區商圈內的地下室而直接銷售有機蔬果。由此可見，台灣的環控農業正透過技術和商業模式的創新而重新定義價值鏈，其生產區位也由農村跨入工業和都會空間，從而演繹出新的農業地理。

關鍵詞：植物工廠、環控農業、創新、農業地理

*蔡漢生，南臺科技大學通識教育中心副教授

電子信箱：handsome@stust.edu.tw

收稿日期：2018 年 09 月 14 日；修改日期：2019 年 04 月 16 日；接受日期：2019 年 05 月 30 日

STUST Journal of Humanities and Social Sciences, May 2019

No. 21 pp.53-85

How New Technologies in Taiwan's Plant Factories are Evolving Agricultural Geography

*Han-Sheng Tsai**

Abstract

Taiwan has followed developed countries such as the European Union, United States, and Japan in setting up agricultural production in controlled environment plant factories that simulate the natural environment. The purpose is to achieve a planned and stable industrialized production of crops all year round to improve the efficiency of agricultural production. This kind of agriculture is called controlled environment agriculture. Taiwan is able to implement innovations at plant factories locally through excellent agricultural technology, along with scientific and technological strengths in electrical engineering, IT, semiconductors, and optoelectronics. Through the use of sunlight type greenhouses and the development of a sealed, completely controlled type of greenhouse, the reliance of Taiwan's crops on soil, water, and climate has gradually been reduced. Hence, the traditional limitations created by species, geography and season in Taiwan's agricultural industry are being overcome, and any crop can be cultivated any time anywhere in plant factories. This study uses Taiwan's controlled environmental agricultural development as an example to investigate the impact of controlled environment agriculture on agricultural geography. We found that businesses currently choose mainly to produce high value-added temperate zone fruits and vegetables or African desert ice flowers because fully controlled plant factories have higher costs in plant construction and operation. Furthermore,

*Han-Sheng Tsai, Associate Professor, Center for General Education, Southern Taiwan University of Science and Technology

E-mail: handsome@stust.edu.tw

Manuscript received: Sept. 14, 2018; Modified: Apr. 16, 2019; Accepted: May 30, 2019

businesses are selecting their production locations more flexibly; therefore they have more room for innovation in the pursuit of profitable business models. Some businesses, such as Lo-Ho Biotech Company, have invested in plant factories in traditional rural areas. Others, such as Delta Electronics, have converted industrial or industrial land into plant factories that produce high-priced crops. Pacific freshONE Company has built its plant factory on the basement floor of a commercial building in the Da'an District of Taipei City and conducts direct sales of organic fruits and vegetables. This shows that Taiwan's controlled environment agriculture is redefining the value chain through technology and business model innovations, while the production locations of controlled environment agriculture are shifting from rural to industrial and metropolitan areas. In this way, a new agricultural geography is evolving.

Keywords: Plant factory, Controlled Environment Agriculture, Innovation, Agricultural geography

壹、前言

自古以來，農業一直是民生之首、生命健康之源、維繫人類生存的關鍵產業，其發展的良窳決定某方區域或國家的穩定安危。因此，無論是個人或國家，都視農業為國家最關鍵的基礎產業，無不盡其所能地改進農業的發展。然而，現代人的生活改善和人口的快速增長，人類不僅要求更好、更多的食物供給，同時又將農業土地挪用於其它建設，因而造成地球負荷的超載，使可持續發展的資源要素更為緊繃，讓現代農業發展面臨前所未有的挑戰。雖然現今農業投資和農業技術都已大幅提升，但是絕大部分的農業根本沒有改變靠天吃飯的局面，土地產出率、資源利用率和勞動生產率仍普遍未達現代生產效率的要求，致使整體農業部門產生農民收入少、農村生產力低和農業經濟發展慢等三農的困境。

這是以前的科技還無法解決農業深受自然環境制約所產生的困境，就如Goodman et al. (1987)認為農業所需的自然條件還沒有工業替代品，使得生物的生產不易加速或標準化，導致農場的工作進程僅能依據動植物生長的生理時間而定，因而對生物的生產排程不能像工廠般具有自由規劃的能力 (Page, 2003)。換言之，在科技還不發達的年代裡，農業的發展深受陽光、水源、土壤、溫度、溼度和土地的侷限，這些條件不易找到替代品，致使傳統農業的發展受限於生物對各種自然資源稟賦的依賴，因而限制了農作物的生產時間和空間分布，造成農業具有明顯之地域、季節和品種的空間特徵，因而制約農業投資的空間布局，同時也壓縮農業的勞動生產率和投資報酬率。

近年來，本研究從台灣精緻農業發展的長期觀察中發現，台灣有許多高科技企業逐漸將其新技術和新設備投入農業生產，並與相關的學術單位合作，共同研發能替代自然條件的技術和設備，以解決傳統農業的結構性困境，並已取得傑出的成果。簡言之，就是這些高科技企業依據生

物學家所破解之農作物在成長、開花或結果時所需的環境條件，然後在溫室或一般建築物內應用自動化或智能化的環境控制技術和其他工業替代品，設計出農作物生長所需的人造生態，從而能夠高度自動化且全年有計畫性地生產許多高經濟價值的特定農產品。而產業界和學術界就將這種設施稱為「植物工廠」，所衍生的新農業模式就稱為垂直農業或環控農業（方煒，2010）。

該設施使農作物的生產更工業化和集約化，再加上近年來結合生物科技、物聯網科技和商業服務業的蓬勃發展，使農作物的生產流程更為智慧化，其經營模式也更企業化，為現代農業創造新業態。這種現代農業發展的新趨勢，使農業生產得以大幅擺脫自然環境的制約，因而打破農業分布的區域性和季節性限制。例如，歐美許多中高緯度的國家可栽培熱帶的蘭花，日本可在東京市內的地下室種植稻米。這些現象改變了傳統農業的地理區位，正在創造新的農業地理，顛覆人們對農業空間的傳統認知。

鑒於此，吸引本研究欲探究環控農業的生產型態、區位選擇、及其對農業空間結構的影響，但由於這項高科技化的農業生產系統是屬資本密集和技術密集的農業型態，僅有較發達的國家或地區才能擁有充裕的資金和技術而取得較為完善的發展能力，而台灣就是其中之一。而且，台灣從1980年代開始用植物工廠從事蝴蝶蘭栽培，2000年之後再推廣於栽培食用菇和生菜類蔬果等高附加價值農作物的栽培，都取得優異的營運積效。因此，本文就以台灣應用植物工廠的生產模式和區位選擇為例，以詮釋環控農業所創造的新農業地理。

基於此，本文的流程結構是：除了前言外，首先回顧關於農業技術對於農業發展影響的相關文獻，以理解人類致力於農業技術創新對農業發展的創造力與侷限性，從而建立本文分析高科技的植物工廠對農業發展影響的基礎和架構；接著追溯台灣植物工廠的發展脈絡，以及基於此項

新科技基礎所創造的新農業型態；然後再進一步探索該項新型農業的屬性特質和生產區位的選擇，以做為探究環控農業所創造新農業地理的依據；最後總結本研究的發現和詮釋。

貳、科技與農業之發展關係的文獻梳理

農業雖屬初級生產，卻是人類最大和最重要的經濟活動之一，是早期人類定居文明興起的關鍵產業，即使現今它在許多先進國家之經濟產值中的比例不高，仍被有識之士視為維持經濟穩定和國家安定的基礎產業，但在學術研究領域中的重要性已大不如前。就以地理學中之農業地理的研究而言，農業地理是經濟地理研究傳統中較早形成獨立分支的重要學科之一。在1950年代以前的農業研究，仍是經濟地理學的重要組成部分，對農業的研究仍採用深受環境決定論影響的論述（Barnes, 2003）；但在1960年代之後，因計量方法的崛起，經濟地理學的研究重心轉移至工業研究而使農業研究式微，即使自1980年代又重燃農業研究的興趣，但已成為經濟地理學中的次級地位而難以改變（Page, 2003）。

一、農業研究在經濟地理學中的興衰與質變

本文從許多文獻中發現，農業地理在經濟地理學中如此興衰浮沈的發展趨勢，是與地理學的學科特性和全球經濟發展的重心轉換有關。首先，關於地理學的學科特性而言，地理學是一門善於兼容並蓄和趕時髦的學科，能務實地掌握實體經濟的流行趨勢以做為新的研究焦點（Swyngedouw, 2003）。因此，造成經濟地理學之農業研究的式微，是來自1960年代之後全球經濟在科學與科技加速創新的助長之下，工業和服務業取得蓬勃發展的機遇，其新鮮的產業現象當然吸引包括地理學在內之學術界的研究興趣，因而使農業被視為過時的產業典範而頓失研究魅力。基於此，本研究認同地理學靈活善變的學科特質和全球經濟發展典

範的快速變化所產生的共伴效應，應是經濟地理學之農業研究起落的關鍵因素。

然而，在1980年代之後，農業議題卻能夠重燃經濟地理研究的重視，本文細究其原因有三。一方面是Page (2003)認為地理學自1980年代起興起馬克思主義之政治經濟學的分析，使農業研究中的許多見解可以揭示工業資本主義發展理論的互補性研究，因而被重新納入經濟地理學的研究。二方面是自1980年代起，隨著人口的急速膨脹，農產品的大量需求和供應的安全性已成為前瞻性政府的必要考量，使高效能和兼具環保的現代農業發展模式重回實務政策和學術研究的新焦點。三方面是製造業為因應經貿全球化而興起分解生產流程的模組化生產組織 (Sturgeon, 2002)，突顯工業製品 (包括農產加工品) 之生產流程在不同空間程度上的連結網絡，因此學術界興起以產業鏈、商品鏈或價值鏈等生產網絡概念的研究，把農業與其他部門產業相互連結的新現象而重新納入研究的視野。就如Bowler (1992)認為工業化的農業商品鏈是由農業科技投入、農業生產、農產品加工、食品物流配送和食物消費等五個階段所構成，用以闡釋龐大複雜之產業網絡的資源連結和空間連結。

換言之，重回經濟地理學研究焦點的農業，已是鑲嵌在某種商品 (但不一定是外觀可辨識的農產品，例如生質汽油和玉米製纖維品等) 鏈之一小部分的生產過程，只是某項產業之商品鏈中的一個環結，而且其附加價值或就業機會也在新的價值鏈中顯得微不足道，所以農業議題的研究已成為附屬於整體產業的次要研究 (Page, 2003)。而此時農業研究的焦點在於留意農業在工業化過程中如何消滅和涵化農作物的生物特性，並探索其生物特性與特殊之社會關係、技術和時空等要素所產生的交互作用，以做為追蹤和建構特定商品鏈的發展軌跡 (Page, 1996)，就如Mansfield (2003)探索魚漿產業是聚焦在追蹤不同文化區對其品質定義和品質要求的不同所建構之各有特色的魚漿商品鏈和品質地理，而不是

著重於漁獲的種類與產地。

儘管農業研究在經濟地理學中興衰浮沈，但是自古以來農業一直是維繫人類生存的核心產業，也是國家社會維持穩定發展的基礎產業，依地理學者務實的學科特性，必然將因人類對農業創造出新奇現象和重要議題而重回經濟地理學的研究焦點。

二、人類與農業發展之關係

農業是以生物體為商品的產業特性，必須以維持生物之生命活力和克服病蟲害為技術基礎，而其中潛藏著一個深層次的問題，那就是自然條件的制約，所以人類必須改造自然以順應生物的生長，同時也必須改造生物以克服自然的限制。就農業的發展歷史而言，投入這些技術的施為者就是人類，以不斷地透過技術的應用和創新來解決自然環境的限制，以強化生產力，同時也改變生產型態和空間分布（Page, 2003）。

若再進一步細究農業運作的結構，農業的生產系統是生物、自然與人類的三元結構系統，其中以人類的施為是該系統的主要干擾因素，以人為的控制、利用和改造自然與生物的技術，就成為農業生態系統的主要干擾手段，所以技術反映著人類對自然制約的能動關係。因此，無論在地理研究中的環境決定論、可能論或生態論，農業地理學都在強調「人」在生物分布過程中所扮演的角色和能力，只不過是現代人類的科技能力要以何種心態來處理這個農業生產系統，以期兼顧經濟效益與永續發展，因而出現技術中心主義與生態中心主義等兩個派別（Castree, 2003）。而前者樂觀地以人類為中心，相信科學與技術能改進自然而創造經濟價值；後者則以生態為中心，強調人類與自然之和諧關係的重要性，否則人類將終結自己賴以生存的空間。

但無論如何，還好人類能夠從失敗與成功交雜的經驗中，能夠創新適當的農業生產技術和生物科技，穩健地推進動農業生態系統的進化，並沒有出現McKibben（1989；取自Castree, 2003）所指之終結自然的危機。

然而，任何創新都是社會許多層面的進化和人類的積極努力所促成（Drucker, 1985），而且Harvey（2011）認為突破農業發展的自然制約是可以透過人類的技術、社會和文化的變遷而獲得舒解。換言之，農業生產技術的創新突破是透過整體社會的努力和支援所促成，所以農業是自然與生物被社會建構的結果，並隨著社會建構的進化而減弱自然因素的影響、同時強化人文因素的作用（Page, 2003）。

早在1970年代，Fosberg（1976）就認為地理學研究生物的主題可依人文因素投入的多寡而位處在自然生物地理學和人文生物地理學兩端之間的譜系，也就是這個譜系是從探討自然生物的地理空間、逐漸向人類投入更多經驗與技術而將自然生物產業化之人文生物的地理空間遞變。換言之，人類創新的能動性具有無限的可能，這個譜系將隨著科技的創新而使農作物更能擺脫自然的制約，進一步向更純屬人文環境運作之市場機制所決定的產業地理方向遞變。所以，地理學關於生物主題的研究，就從野地的生物地理學、到馴化後的農業地理學、再轉向工業化（甚至還包括服務業化）後的產業地理學演變；而考量的變數，也就從聚焦於自然生物對自然環境依賴的生存條件、逐漸轉向關注於產業運作所需之生產要素。

但無論如何，經濟地理學者總是務實地掌握和研究產業發展的地理現象，這代表著地理學實事求是的學科本質。而相對於自信十足的經濟學者，經濟地理學者總是謙虛且忠實地呈現和詮釋新發現的現象，但經濟學者經常延伸其發現而大膽地預測經濟或社會的未來發展，也常因失準的預測而遭受質疑和批判，其中與農業議題有關的謬誤預言就屬Malthus在1798年出版的「人口論」，他悲觀地預言：人類成長對食物需求的增長速度快於大地所能供給糧食的增長速度，結果將因食物的短缺而造成更多的饑饉、貧窮、疾病、死亡與社會解體。但事實的發展確曾在地表上局部發生過，並沒有嚴重地出現Malthus所預言的可怕魔咒。這其

中的盲點就在於Malthus低估技術創新對土地生產力的貢獻。就如Freeman and Soete(1997)認為經濟學家經常錯估技術創新所帶來的衝擊，主要在於他們對產業運作實務的陌生。

三、創新對農業和農業地理的創造力

從各產業部門的發展來看，創新確實扮演產業變革和進化的關鍵驅動力，因而蔚成演化經濟分析的風潮（陳勁等人，2011）。而創新的內容相當廣泛，有技術、產品、制度、商業模式、管理...等等不同形式的創新，都因人類的需求、競爭和創富的動機而驅動，其中若屬於毀滅性的創新，更能為產業帶來產業典範轉移的革命性進化（Christensen, 1997），這當然也發生在農業部門。就以農業的發展歷程來看，人類在不同歷史階段創造不同的技術水準，因而擁有改造自然和改良生物的不同能力，從而改變農業系統中之自然、生物與人類的互動關係，終而創造不同的農業生產型態和其空間格局。

誠然，人類的技術水準影響著包括學者在內的人類視野、對現實事物的認知和未來的看法，所以人類的知識和世界觀也就具有時代性。因此，在1980年代的Goodman et al. (1987)認為影響農業發展的土壤或光照是沒有工業替代品，在動植物的生長過程中，不易加速或標準化生物的生產流程；即使至本世紀之初，Page (2003)還認為農場的工作進程受制於動植物生長的生理時間，所以農場不能像工廠那樣對生產排程具有主動性。可是，這些看法隨著科技的創新而過時，人類逐漸有能力設計出精巧的人造環境和自然替代物來安排特定作物的生產，尤其利用植物工廠來隔阻室外自然環境的影響，同時設計出生物學家破解特定農作物之生長、開花與結果所需的人造生態條件，再應用其它工業產品和自動化設備來安排生產流程。這種新科技的植物工廠就類似高度自動化「工廠」來生產農作物，使得現代農業的生產更工業化、集約化和科技化，同時連結後端的銷售服務，因而創造高度商業化和企業化經營的新業態農業。

其實，植物工廠是結合農業技術與工業技術的生產模式，是一種跨產業的整合創新，也就是實踐跨越產業網絡之「結構洞」的創新(Burt, 2009)，以建構新的農業競爭力。雖然這種高科技化植物工廠的農業生產模式使自然條件對農作物生長的影響大幅減弱，但是克服自然的制約是有成本代價的，也就是在應用技術、人才、設備、土地、資本和經營管理等生產要素是需要成本的。因此，投資植物工廠來生產農作物的創業者，必須在衡量全生產要素之成本效益的綜合效應下，再進一步決定其投產的利基和區位的選擇。然而，這種環控農業的生產雖然可擺脫自然的束縛而有更大的區位選擇空間，但卻受制於市場機制和產業要素選擇的影響，從而產生區位選擇的新機會和新限制，因而翻轉傳統農業分布的空間格局。

這意謂著新技術的應用不僅使操作自然的能力取得巨大的突破，同時也使農業體系因連結工業體系的新技術而成為產業之社會組織、經濟組織和空間組織的重構力量(Page, 2003)，因而創造農業的產業典範轉移和新型態的農業地理。正如Storper(1997)主張，一項新技術的創新將創造新的產業與新的勞動市場，因此出現「區位機會之窗」而創造新的產業空間；Howells and Bessant(2012)也認為產業創新會造成知識、技術、創業精神、企業和產品之聚集、外溢效應、連結網絡、群聚和流動等產業地理環境的演變。而這種概念大多針對製造業之跨國企業之區位選擇、以及產業聚落之形成和變遷的研究(Cantwell and Zhang, 2012; Iammarino and McCann, 2013)，卻很少用來詮釋農業的創新與發展。

本文鑒於創新對產業空間的創造力，欲藉台灣農業部門正在興起應用新科技之植物工廠所發展的環控農業，以闡釋此項新科技對農業地理的衝擊。由於這項環控農業是被高科技產業高度涵化的新型農業，所以與高科技產業鏈產生跨產業連結的雜合網絡，使環控農業同時具有工業性與農業性(方煒, 2010)，同時還重新摸索新的經營模式。如此所建構

的新型農業經營模式，勢必解構和重構傳統農業的經濟組織、社會組織和空間組織。

然而，既有區域群聚的創新必然有助於創造新產業群聚的經濟體（Muro and Katz, 2010）；而且，一項技術或產業的變革與發展，勢必受到當地之知識結構、技術類型、社會文化和政策制度等因素的影響，因而產生路徑依賴的現象（Arthur, 1989; Rigby, 2003）。那麼台灣既有的知識技術和產業環境又會對此項新型農業的發展產生怎樣的影響？尤其是植物工廠重要的環控技術與設備，都是來自台灣既有優異成就的資通訊技術，這會對環控農業的空間布局產生什麼影響？這些疑問都是值得本研究探究其產業空間的新議題。

鑒於此，本文的研究目的是：（一）以台灣之植物工廠型的環控農業發展為例，檢視這類新型農業的發展軌跡、生產型態和產業資源需求；（二）探究台灣環控農業的技術來源、區位選擇和空間格局；（三）比較它與傳統農業之空間格局的差異；（四）詮釋新科技對農業型態及其地理空間的創造力。

雖然該項新型農業在台灣還處萌芽階段，相關資料尚未充足，但產業型態已具雛形，因此本文欲實踐此研究目的的程序是：首先透過本研究對環控農業的長期觀察和其它次級資料的蒐集與分析，以梳理環控農業的發展脈絡和其仰賴的產業要素；最後根據本研究的田野調查和次級資料所得之台灣現有植物工廠的栽種內容和區位，再加以分析和歸納其空間分布的型態，以做為詮釋環控農業與傳統農業之產業空間的差異和演變。

參、台灣之植物工廠與環控農業的發展現況

農業是人類賴以生存的初級生產，由於人類的需求而介入生物與環境的二元結構系統，開始有意識地馴化和栽培自然生物時，生物就成為

農業生產的對象，所以農業是人類與生物、環境所建構之三元結構的生產系統。簡單地說，農業是人類運用其經驗和智慧去改變自然環境、以及利用和改進生物的生長繁殖，以獲得產品或換取經濟收益的產銷系統。因此，人類是農業系統中的主導者，而農業發展的良窳就存乎人類馴養生物的技術發展，尤其是自工業革命之後，人類就不斷地應用工業科技的創新技術投入農業部門，創造出農業生產與技術創新的良性循環，使人類能免於Malthus深以為憂之可怕噩運的實現。

就農業的發展史而言，從人類最早期利用和適應自然環境，以栽種農作物的粗放生產方式；進化至應用知識與技術來改造自然，以順應農作物之生長繁殖需求的集約生產方式；現今更進化至利用高科技設備以模擬自然環境、以及應用生物科技來改良生物的生理特性，以期能控制農作物之產期和產量的環控科技化生產方式。而這種利用環控設備的植物工廠，能跳脫對自然環境和土壤的依賴，可如工業製程般有計劃地全年安排農作物的生產，現已成為農業生產技術中最進步的生產方式。

一、發展環控農業的目的與進化

然而，在環控農業出現之前，傳統農業的生產技術都是以露天方式向自然界中爭取產量的生產模式，無論是擴大栽種面積或提升土地生產率的策略，都會產生占用大量土地和消耗大量淡水資源，因而加劇人與自然環境之間的矛盾；而且，長期且大量的施用化肥和農藥，更導致土壤條件惡化、水資源和農產品污染，進而危害人體健康和破壞環境生態，更嚴重地威脅農業的永續發展。鑒於此，包括台灣在內的許多高度發展的國家，開始利用環控設備的植物工廠，以模擬特定作物生長繁殖所需的微生態環境；其目的是：一方面可減少自然環境和病蟲害對植物工廠內之農作物的影響、同時也降低廠內的農作物生產對廠外之生態環境的干擾，二方面可在植物工廠內如工廠般地控制生產和提升生產力，三方

面可透過高科技設備提升資源的綜合利用率；以期可以減少化肥、農藥和水資源的使用，並達成農產品安全、經濟效益與環境保育之間的平衡永續發展。

若以植物工廠的發展而言，它並不是一種新興的技術，而是源自二十世紀之始的荷蘭傳統溫室，當時的目的在於克服農業露天生產的大氣環境影響，以抵擋風雨、寒雪和病蟲害的侵襲，同時可調節室內之溫度、濕度與日照量的微氣候環境，以滿足農作物之生產要求，達成保護農作物、縮短作物生長期、提高產量與品質的目的（陳加忠，1997）。近半世紀以來，隨著工業之控制技術和空調設備的進步與結合，因而帶動溫室技術的進化和溫室產業的發展。

陳加忠（2014）認為溫室隨著工業科技的進步而歷經四個階段的演變：第一階段是溫室結構的建造，在於改進溫室建築結構來抵抗強風暴雨等自然災害，以保護溫室內部的農作物生長為目的；第二階段是環控設備創新，在於利用感測器和資訊軟硬體的結合，提升光量、溫度、濕度和風速的控制技術，以建造各種農作物生長所需的生態條件為目的；第三階段是作業流程的機械化與自動化，在於應用機械與資訊技術的結合，建構從育苗、栽培至收穫後處理的一貫生產流程加以機械化及自動化，以減少對人力資源的依賴為目的；第四階段是生產規劃的智能化，在於整合植物生理感測、物聯網和電腦軟體等電子元件，以進行智能化生产管理為目的。

而植物工廠發展至今，可依其結構和功能而區分為太陽光利用型、完全控制型和綜合型等三種設備（方煒，2010）。其中的太陽光利用型植物工廠，是以透明或半透明的先進環控溫室加以利用照進室內的陽光，雖可減少人工光源的電力成本，但是不能完全阻隔室外之氣候和陽光的影響，有時會因陽光過強而必須進行降溫的措施。而完全控制型的植物工廠，是利用密閉的建築空間裝置先進的環控設備，可改造閒置的廠房或其它建築空間而加以應用，然後再針對農作物生長所需的主要環境條件

而進行完全的人工控制設計，可藉人工光源、環控設備和培養液等科技工程系統來取代日照、溫度、濕度、養分和水分等農作物的生長需求。雖然這種設施運作所需的電力成本較高，但是它可較為完善地阻隔廠外之氣候和病蟲害的影響，因而在生產過程中幾無使用殺蟲劑，所生產的農產品較不存在細菌污染和農藥殘存的風險，可全年無季節性限制地量產作物，所以它是目前最先進的植物工廠。致於綜合型的植物工廠，就是介於前兩種類型的混合應用。

如今，工業技術已將農作物生產線和環控作業提升為系統化的自動控制流程，使農作物的生產更像工廠般可進行有計畫的生產流程安排，以控制農作物的產量和收成時間，尤其是近年來環控技術和光電科技的創新躍進，為溫室帶來更有效能的溫控技術和人工光源，可以提供更接近自然的光度、溫度和濕度，從而設計出各種農作物最佳的生長環境。這種先進的技術還可應用在密閉的建築物內，如廠房、倉庫、地下室或一般建築物，使農作物得以全年四季如工廠般管控和規劃作物的生產，並可透過人工光源而進行多階層的架式生產，形成立體式的生產空間，以提高土地的利用率和單位面積的生產量。

若進一步以植物工廠的建造和營運成本而言，其內部運作需要許多高科技的設備和高端的工程技術，例如現今省電新技術的LED燈已取代過去高耗電的高壓鈉燈，雖可降低植物工廠的營運成本，但是廠內使用的人工光源和環控設備至今仍然價格昂貴，營運所消耗的電力成本也相當高（陳加忠，2015），其整體建造的資本額也相當可觀。儘管如此，若與傳統農業相比，它就具有生產週期短、生產效率高、產期可規劃、品質管控佳、產品無污染和無農藥殘留、資源整合綜效佳等特徵，又可達到節約水土資源、不污染環境和無毒產品等現代環境保育和食物安全的要求，並使農業得以進階為企業化經營與工業化生產的現代化農業。

以台灣現今環控農業的技術需求而言，必需結合農藝技術、溫室結構

工程、電機工程、資訊工程和經營管理等五大領域的人才與設備，才能完善地運作，是結合工業、商管和農業等三個部門，可說是實踐跨領域整合的創新產業。而臺灣已具有優良的農業技術，同時更具有資通、半導體和光電等科技研發的雄厚實力，因而有能力整合環控系統、植物生長監控、規模量產、產期調控、節能管控、病蟲害自動偵測與防災等技術的自主整合創新，能針對特定作物的最佳生長環境而打造出不同科技需求之機械化、自動化或智慧化的植物工廠，以進行工業化且立體式的量產作業。由此顯示，台灣是沿著既有的經濟條件、農藝技術和科技產業之發展路徑的慣性，實踐植物工廠的在地化創新，並實現農業與科技業的創新轉型。

二、環控農業的經營型態

然而，植物工廠是屬資本密集和技術密集的高科技化設施，當其投入農業部門的運作時，其建造成本和營運成本皆很高，只能生產高附加價值的農產品才能跨越獲利的門檻；所以，台灣的植物工廠大多生產在地原本不存在之溫帶或沙漠地區的作物品種、以及台灣野地不易生產的食用菇和花卉等高附加價值的作物。目前，植物工廠在台灣應用最廣的是蝴蝶蘭的栽培，其次是用於生產高單價之生菜沙拉用的蔬果，還應用在菇類、食用菌、水產、中草藥及疫苗的生產。近年來，尤其是生菜沙拉用之蔬果的栽培面積增長最快（方煒，2010；萬年生，2013），諸如繡葉萵苣、雙色羅蔓、紫橡、奶油萵苣、芝麻葉、冰花、紅波斯頓萵苣和迷你萵苣等高單價的生菜類作物。而這些高單價的生菜蔬果以往主要都由國外進口，只有少數溫帶的生菜蔬果可在冬季的中部高山地區種植，現在都可在平地利用環控的植物工廠全年量產，不僅已為投資者實現獲利，又可實現高單價蔬果之進口替代的經濟效益。

再以台灣之植物工廠的應用與發展而言，台灣最早應用太陽光利用型的植物工廠（溫室）來栽培高單價的蘭花，成功量產野地不易生產的

蝴蝶蘭，成為台灣打造「蝴蝶蘭王國」的關鍵設備。此後，就逐漸累積豐富的經驗和技術，為更先進的植物工廠奠立厚實的技術基礎。現今，台灣的許多科技廠已成功研發出大型密閉的完全控制型植物工廠，其中具有較大規模且較為知名的設備供應商有：台達電、億光、新金寶、庭茂、光茵、華映、太極光、聚陽、野菜工房和新世紀等光電科技公司，還有較小規模的驛陞、麗萊登、飛弘和中國砂輪等公司。

此外，還有像苗廣豐、驛陞和麗萊登等科技公司，以「智能生態家電」的概念，生產具有時尚設計外觀、空間占位小且容易與家中裝潢和電器融合的環控式植物箱，可擺置於廚房、客廳或其它閒置空間，在沒有自然光源的室內，藉由智慧定時的光照系統來打造微型農場，實現在家裡水耕栽種蔬菜的願望，也可成為家中的小花圃以怡養性情，可稱之為家庭式的植物工廠。因此，依據植物工廠的大小和應用的地點，又可區分為家庭型、社區型和量產型的植物工廠。

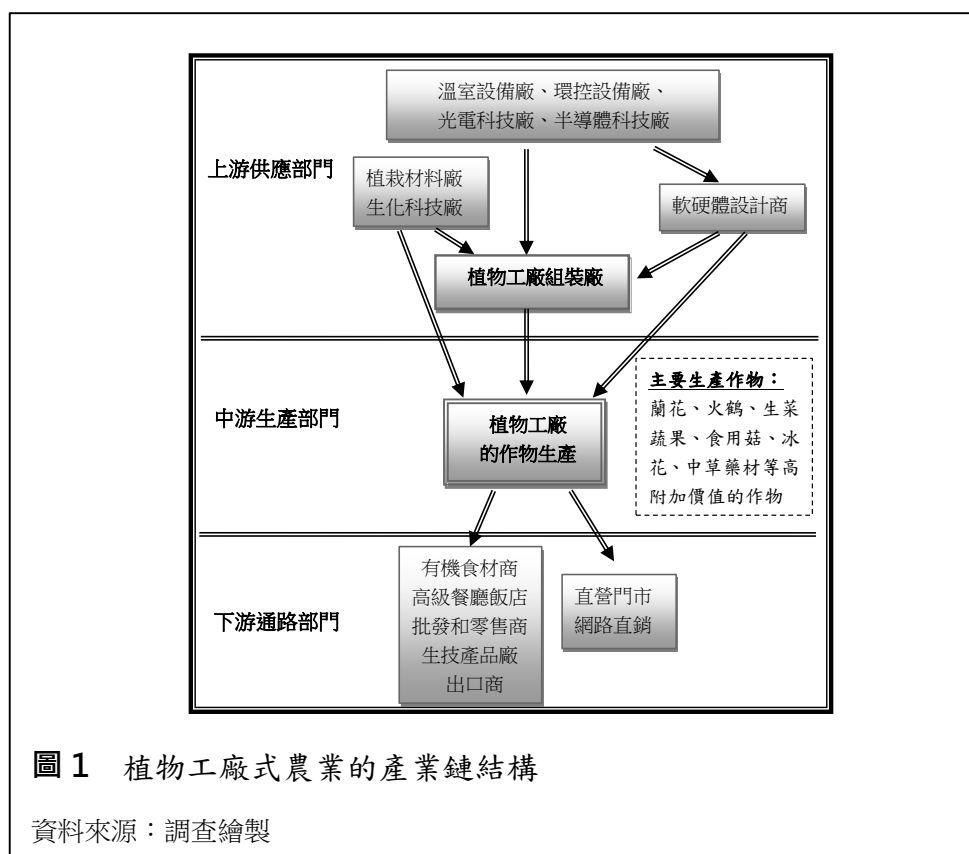
由於很多企業看法好這類環控農業的獲利前景，因而激勵前述許多植物工廠的設備商直接投入環控農業的作物栽培，如庭茂、億光、新金寶、光茵和野菜工房等光電科技公司，還吸引電子業的元通、大同、映興和欣興、餐飲服務業的昇活網、食品雜貨批發的樂活生技、衛浴業的麗萊登、紡織業的中福國際、以及建築業的太平洋集團等企業，皆積極地投入環控農業的作物生產，而鴻海也已投入小規模生產。而且，還有台大生物電機系、興大生物產業機電工程系和台南應用科大資源系等學術單位，都積極投入植物工廠之設備與農作物生產的研究，希望能從育苗、栽培、收成至銷售服務等一貫流程，應用高科技技術來建構智能化的生產規劃與行銷管理。從前述產學界的積極投入和創新能力，讓本研究意識到這項新型農業的前景和魅力。

但無論如何，就環控產業的特質而言，方煒（2010）強調該產業利用高科技產業的設備和技術為其核心技術，而且其作業流程宛如高科技工

廠的生產，種植者都需戴手套、口罩、身著防塵衣和經過空氣浴塵室等層層管制關卡，以維持所生產之生鮮蔬果的衛生與保證產品的安全性，而這些種植者被稱為「科技農夫」，因此其營運型態明顯具有工業性；同時，其產品是以活體植物為對象，需要採用農業和農學相關的栽培技術及經驗，所以其產業型態又具有農業性。

但事實上，環控農業之所以能夠全年可以無季節限制地提供消費者新鮮、高品質的多種高單價蔬菜，主要藉助於高科技產業的技術和設備，農作物的生產就如同是高科技廠所生產的產品，只是把電腦或手機換成高附加價值的農產品而已。就此，整體產業鏈中的工業性還超越農業性的重要性，所以環控產業與其說是高度工業化的新農業，倒不如說是被高科技工業高度涵化的新工業。除此之外，本研究還發現，台灣環控農業生產之非本地原生且高單價的農產品，它們都不是市場上深度成熟的農糧作物，其消費者大多屬於高所得且追求生活品質的階層，他們很注重產品的品質、行銷和服務，所以環控農業的下游階段又是具有高度服務業化的特質，所以在整體環控農業的產銷營運中，其服務業性的重要性還勝過農業性。

由此清楚地顯示，台灣的環控農業具有完整的產業鏈（見圖1），其上游涉及生物科技、溫室設備、環控科技、光電科技、半導體科技、軟硬體設計和植栽材料等跨領域的供應商，中游包括育種、繁殖和養植等生產者，下游還有有機食材商、高級餐廳飯店、批發和零售商、生技產品廠和網路直銷等通路管道，它們共同組織尋租的價值鏈體系，明顯跨越農業、工業與服務業等三大部門的整合創新，雖模糊產業間的界線，但其中的工業性和服務業性的重要性還超越農業性。因此，環控農業的產業結構很符合當今知識經濟年代裡所倡導創新型精緻農業的六級產業概念，就是以農業生產（一級產業）的利基，再引進工業技術或農產品加工（二級產業）與行銷服務（三級產業）的經營理念（蔡本源，2014），可發揮相加（ $1+2+3=6$ ）或相乘（ $1\times 2\times 3=6$ ）的整合綜效，藉以創造農產品的價值。



但無論如何，高科技產業所建構的環控技術和相關設備是環控農業的核心技術，確實大幅削弱了自然環境對農作物生產的制約，讓農作物可以逆環境和反季節性的生產，使農作物可以跳脫自然的原生空間而異地且全年的生產，但是也需要投資可觀的資金和維持營運的成本。而隨著環控設備的進化，使投資者更能隨心所欲地選擇投入植物工廠生產農作物的地點。然而，這種技術能力會不會使台灣農業產生終結地理的現象？或是使環控農業偏重於工業性或服務業性的區位選擇？這些課題的確可能會翻轉人們對傳統農業地理的認知，確實值得深入探究，因此本研究欲再進一步探索台灣環控農業投資的考量因素和區位選擇，以呈現其產業空間型態。

肆、台灣環控農業的區位選擇與空間型態

盱衡台灣應用植物工廠之環控農業的發展歷程，是以既有之農藝、科技、工程和管理等技術能量為支撐，打造立體式生產、生產週期短、生產效率高、產期可規劃、品質管控佳、產品無污染和無農藥殘留、資源整合綜效高等特徵的環控農業，以為傳統農業進行轉型和創新。然而，依現今環控農業的產業結構與特性，勢必成為農業與工業的新增長點，同時也會出現技術應用和營運模式上的大量創新，從而進一步推動農業、工業與服務業等相關產業的經濟成長。

一、環控農業與傳統農業的差異

而環控農業的生產模式能否為農村帶來就業機會和創造產值、並促進縮小城鄉差距？以本研究的調查結果發現，實情則不然，因為環控農業需求的生產要素與傳統農業有所不同，其中最明顯的是，植物工廠營運的核心要素是電力，若是電力供應不穩定，將會造成環控設備停擺而造成農作物傷害和營運損失，所以電力設施不完善的農村、尤其是偏遠的農村並不是植物工廠最佳的區位選擇；更何況高單價作物所需之通路和趨近市場服務的考量，其區位選擇更不利於以農村為考量。此外，環控農業是屬技術密集和資本密集的產業結構，也非一般農民能力可及的投資。

若以環控農業的特性而言，它是依賴植物工廠以擺脫傳統露天農業深受自然環境的限制，其目的更在於強化生產品質、提升生產效率、並打破栽種農作物之品種、地域和季節的限制，以期能全年無休地穩定生產多種高附加價值的農作物；而且高品質且高單價之農產品的非耐久運特性和高消費能力市場考量，更需仰賴市場通路和市場資訊，才能快速消化高成本、高單價和高生產效率的產品。由此顯示，環控農業不僅是

被高科技產業高度涵化的產業，也需高服務品質的要求，導致它比傳統農業更需要與上游供應商與下游合作伙伴共同在技術與市場資訊上的密切互動，才能掌握技術支援和市場脈動，從而降低交易成本、以及共同促成技術與商業模式的創新。

除此之外，本研究還發現環控農業的業者大多數透過網路直銷或向高品質食材的需求者直銷（見圖1），僅有容易生產且低單價的產品（如食用菇類）才會透過傳統農業的批發零售系統，所以目前這兩類農業之社會網絡的連結性和互動性不高。而且，台灣植物工廠發展協會主要是由相關的科技企業、以及擁有技術和資本的投資者所組成，他們是以企業家的心態和科技化的生產模式來經營環控農業，所以他們參與該發展協會、或與農委會合辦的活動為主，卻很少參與傳統農會體系的活動，該發展協會也成為相關業者取得技術與市場資訊的核心社群聚落。因此，在推廣環控農業發展上，台灣植物工廠發展協會的重要性就遠超越傳統農會的角色。

基於上述關於這兩類農業的特性比較，可清楚地發現它們之間的轉變：由露天轉為室內的生產、從平面土地轉為立體多層架的生產、從全天候務農轉為時間性上班、從粗重勞動轉為輕鬆監控、以及從看天吃飯轉為穩定收成。若再從它們的內部運作機制加以分析，卻有著多層面的明顯不同：一是生產模式的不同，環控農業強調能如工業之工廠般標準化和有計劃排程的生產方式，而傳統農業是依經驗來順應自然條件的生產方式；二是產業資源需求的不同，傳統農業必需趨近作物所需的自然環境且大量需求人力，而環控農業則弱化對自然環境的依賴，環控設備和電能是植物工廠運作中的主要成本；三是產業組織的不同，環控農業比傳統農業更需要與工業和商業服務業更緊密地融合，形成多元的產業組織；四是產業結構不同，環控農業是屬技術密集型和資本密集型的精緻農業，不同於勞力密集型的傳統農業，因此偏重技術、管理、資本與

人才的需求；五是產業發展動能的不同，環控農業是屬知識經濟型的產業，注重生物知識解碼和科技創新的發展動能，傳統農業則依賴要素的投入；六是競爭態勢的不同，環控農業因計畫性的工業化生產，比傳統農更需要技術和市場資訊的取得，必須與合作者與消費者更加開放的互動，而傳統農業是屬深度成熟之低彈性需求的產業。

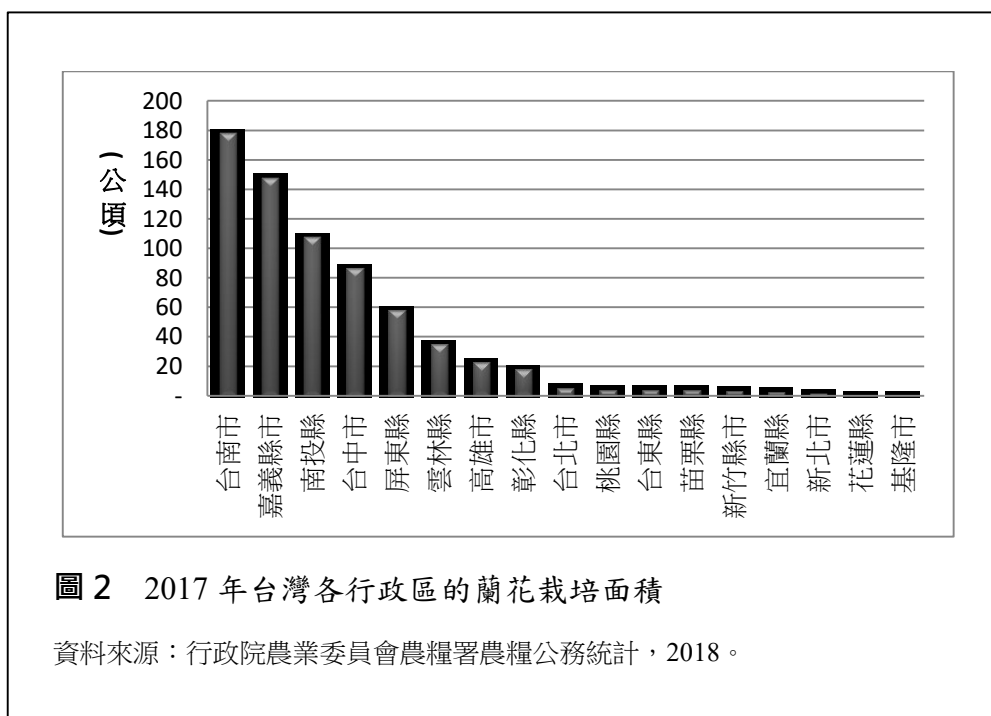
鑒於這兩類農業的特性不同，尤其是科技能力和生產要素需求上的不同，勢必產生投資之空間布局上的選擇差異，因而產生不同的產業空間而牽動農業地理的演變。而為了瞭解台灣的環控農業對農業地理演變的發展脈絡，就必須從台灣1980年代首先應用於蘭花栽培之太陽光利用型的溫室論起、再追溯到近幾年來研發出完全控制型環控農業的發展過程，才能由投資者的區位選擇而詳實地掌握環控農業的空間發展趨勢。即使目前環控農業的空間型態並不能代表其未來的農業空間格局，但至少可對比出它與傳統農業之空間型態的差異。

以台灣最早且最廣泛應用於蝴蝶蘭栽培之陽光利用型的植物工廠為例，其實台灣的恆春半島及南部地區是蝴蝶蘭原生種在地球上分布最北端的地區，再往北就無原生種的發現（張耀乾，2007），但台糖蘭業部門在1989年利用改良自荷蘭溫帶型溫室的亞熱帶型溫室來量產蝴蝶蘭後，現今台灣蝴蝶蘭的栽培空間早已超越原生最北界線的北回歸線，幾乎遍及台灣本島的各個行政區（見圖2），而位於宜蘭礁溪的金車生技蘭園可說是位於台灣最北的大型蘭園；而且，像日、美、荷等較高緯度的溫帶國家，也能利用溫室來生產屬於熱帶的蝴蝶蘭。

這是蝴蝶蘭業者利用學術界已解碼之蝴蝶蘭的生物特性，再利用先進環控設備的微氣候調控，並以水草為栽種介質的無土壤化生產，以解決自然環境對蝴蝶蘭生長的限制；甚至台灣業者還在從無發現原生蝴蝶蘭踪跡的台灣高山地區，建置環控溫室來生產蝴蝶蘭。由此可見，隨著環控設備不斷減弱自然環境對作物的影響而改變它們的原生分布空間。

而隨著台灣植物工廠之相關科技與設備的進化，逐漸研發出環控效

果更佳的綜合型和完全控制型植物工廠，並以水耕之無土壤化的栽培方式，幾乎已能完全避免自然因素的影響，更能隨心所欲地選擇任何方便的地點來生產學術界已經解碼其生理特性的作物，尤其是許多完全不同於台灣氣候之溫帶或沙漠的高附加價值蔬果，都可成為完全控制型植物工廠的栽培對象。這種完全控制型植物工廠除了降低對土地肥沃度的依賴、降低氣候和病蟲害帶來的風險、以及減少農藥和化肥的施用外，其最大優點就是資源的綜合利用率高，使其耗水量低且土地利用率高。就如台大生農學院林達德教授所言：植物工廠的單位土地面積產量是自然農場的6~7倍，耗水量僅5%以下，很適合在高度城市化與缺水的國家發展（取自江逸之，2012:125）；而方煒（2010）更認為這類植物工廠之單位土地面積的作物年產量是普通溫室的13.4倍。



綜觀植物工廠的發展過程，逐漸由太陽光利用型發展出綜合型和完

全控制型，它們各具有不同的工程技術水準，也具有不同程度避免自然因素的影響，因而影響設置植物工廠之區位選擇的自主性。一般而言，越是屬於完全利用型的植物工廠，就越能隨心所欲地在任何方便的地點栽培農作物，而越屬於太陽光利用型植物工廠受自然環境影響的程度就越大，就越受地域性環境的制約。但是，控制自然環境是需要成本的，所控制的因子越多，其建置與營運成本就越高。

儘管如此，完全控制型植物工廠之高度集約化的生產效率和高單價的優質農產品，在成本效益的綜合衡量下還是有利可圖，因而吸引許多具有創業精神的投資者進行創新、創業。但無論如何，其高成本的投入只有高附加價值的作物才能成為商業化量產的標的，而且也只有擁有技術與資本的個人或企業才有投資能力，並非一般農民容易投資的新設備。

二、環控農業的區位抉擇

這種高科技化之完全控制型的環控農業，其營運所需的資源需求必然與傳統農業所有不同。傳統農業是直接向自然取得資源的生產型態，所以土壤與水利可說是傳統農業的命脈；而環控農業是透過設備和電能來控制植物工廠的運作，所以電力設施才是環控農業發展的命脈，尤其是完全控制型之環控農業對電能的需求更甚。基於此，若欲將植物工廠向農村推廣，勢必一改農村基礎建設的傳統觀念，但在現實的客觀條件下，若依環控農業所需的產業資源而言，電力設施較為完善之工業化或都市化的地區就可能對它更具有吸引力。根據本研究調查台灣許多投入完全控制型環控農業的企業而發現，其生產區位正是趨向台灣的許多工業區（或工業用地）和都會區發展（見表1），顛覆民眾對農業地理的傳統認知。以下本研究就根據台灣許多知名企業投資植物工廠的營運模式和區位考量，以剖析環控農業對農業地理的新定義。

如前所述，太陽利用型植物工廠因利用自然陽光的考量，所以大部分為單層平面栽種作物，因此需要較廣大的土地面積，在土地取得成本的

考量下，其區位選擇還必須傾向農村地區，除了表1中之皇基蘭園和金車生技等大型溫室所栽培的蝴蝶蘭分別位在彰化和宜蘭的農村地區外，台糖和其它蘭園也絕大多數位在農村地區。但是，隨著密閉而更能避免自然氣候影響之完全控制型植物工廠的誕生，因可多層架的立體生產方式和可提高資源的綜合利用效率，因而產生耗水量低且土地利用率高的效益，使其更能隨心所欲地選擇栽培作物和栽培地點，卻因其建造成本和營運成本較高，當然就選擇栽種高附加價值的高單價作物。而這種高單價產品的主要市場正位於高所得的都會地區，又為了就近服務且減少運送損失，當然離都會區較遠的農村地區就非其生產區位的最佳選擇。

表 1

知名企業投資植物工廠的區位與生產內容

企業名稱	植物工廠類型	植物工廠位址	主要產品	備 註
皇基蘭園	太陽光利用型	彰化溪州	蝴蝶蘭	英業達集團
興農芳蘭園	太陽光利用型	台中西屯	蝴蝶蘭	興農集團
金車生技	太陽光利用型	宜蘭礁溪	蝴蝶蘭	金車集團
樂活生技	完全控制型	台南烏山頭水庫	香檳苺	大眾集團
映興電子	完全控制型	台中南屯	生菜類	
欣興電子	完全控制型	桃園楊梅	生菜類、食用菇	聯電集團
光茵生技	完全控制型	新北新店	生菜類	
億光電子	完全控制型	新北土城、苗栗	生菜類	
金寶生技	完全控制型	新北深坑	生菜類、冬蟲夏草	金仁寶集團
庭茂生技	完全控制型	台北信義、桃園	生菜類	
台達電子	完全控制型	台北內湖、桃園	生菜類	
映 鮮	完全控制型	台北大同	生菜類	大同集團
太平洋鮮活	完全控制型	台北大安	生菜類	太平洋集團

資料來源：調整合理

就以台灣之完全控制型植物工廠的分布而言，本研究從相關資料和田野調查中發現（見表1）：金寶電子將新北市深坑廠區裡的工廠改建為完全控制型的植物工廠，不生產電子產品而改種生菜類蔬果和冬蟲夏草，不僅提供員工食用，還以會員制銷售其產品；億光電子在新北土城和苗栗工業區內閒置的廠房改建為完全控制型的植物工廠，台達電也在台北市內湖的營運總部和桃園工業區設置植物工廠，他們都以生產生菜類的蔬菜為主，除了提供員工食用外，還向外銷售。除此之外，另有映興電子在台中工業區內生產生菜；欣興電子在桃園楊梅工業區生產生菜類及食用菇；還有樂活生技在台南烏山頭水庫附近生產香檳茸，再製成保健品。從這些企業所投資設置之植物工廠的位置而言，除了樂活生技與光茵生技位於農村的地區外，其餘不是在工業區內、就是利用工業用地上的廠房或倉庫，將之改造為完全控制型植物工廠，使農業生產活動開始踏入工業空間，而且又是位在都會區近郊的工業用地。

更有甚者，鑒於蔬果在運送過程中常會造成相當的損耗，以及高單價之植物工廠產品的主要消費者大多數位在高所得的都會區內，而為了縮短食物運輸過程的損耗，更何況那些高單價且清脆易損之生菜蔬果的運送損失更高，因此就將完全控制型植物工廠直接設置在都市內，就可在地生產且在地直銷給高所得的消費群。例如，大同集團中的映鮮就將完全控制型植物工廠建置於台北市大同區的大同大學內，以會員制而向會員供應新鮮的蔬果。庭茂農業生技更將完全控制型植物工廠設在台北市信義路四段的精華地段，除了生產生菜類蔬果外，並生產昂貴的非洲冰花，直接供應旗下美蔬菜廚房在台北的四家分店、以及其它高級餐廳。

除此之外，太平洋建設集團下的太平洋鮮活，也將植物工廠設於台北市仁愛路四段的小巷子內，利用市區地下室的閒置空間來打造一個高產能的菜園，首創國內結合植物工廠的有機超市，以「前店後田」的經營模式（江逸之，2012），設計店內前面是賣菜的結帳櫃台，而後方有一半以上的空間是做為直接生產高單價作物的植物工廠，讓顧客可以直接選

購店內生產的安心有機蔬菜，這是一項相當獨特的商業模式創新。而無論是映鮮、庭茂或太平洋鮮活，它們都是在昂貴的商業空間內經營城市農業，使台北都會區也能成為農業的高產能生產地，並從中摸索將農業與工業、服務業融合成獲利之商業模式的創新，以期從硬體技術、產品和服務上創造更高的附加價值。

綜觀台灣環控農業的發展，其產業鏈已整合農業、工業與服務業的技術與價值，已模糊三大部門產業的界線，而且其現代化亮麗的店面、高科技化的植物工廠、以及穿著白色潔淨工作服的科技農夫，都顛覆了對傳統農業的刻板認知。而且，隨著環控技術的創新和精進而越有能力削弱自然環境對作物栽培的限制，促使農業生產的區位選擇更具彈性，同時也提高投資者為追求獲利的創新而擁有更大的選擇空間，並驅動農業生產從傳統的農村向工業空間和都會空間延伸，而且那些工業空間也都位於都會近郊，很清晰地呈現環控農業的最合理區位選擇就是貼近目標市場的都會區。由此顯見，台灣環控農業的科技創新，不僅創新農業營運模式而重新定義農業，同時牽動農業空間結構的變遷，正在重新演繹傳統的農業地理。

伍、結論

目前台灣的環控農業已建構完整的產業鏈，參與其中的成員還不斷地透過技術和商業模式的創新來摸索最佳的獲利模式，從而調整上、中、下游之各個事業體的連結，以組建成商業逐利的共同體，因而牽動該產業鏈之商業組織、社會組織和空間組織的演變。因此，植物工廠在台灣已不是一個概念，而是實質高效能運作的生產系統、融合現代的銷售服務策略、啟動商業模式的創新、生產新消費型態需求的精緻農產品，正在驅動農業價值鏈的進化而建構跨越農業、工業與服務業的生產實體和經濟實體。因此，植物工廠一詞不僅代表著新科技的產物，其實更充滿

著產業變遷的隱喻。

這種以植物工廠之技術和設備為核心的環控農業，與傳統農業的最大區別就在於阻隔露天生產的自然不利因素，打破傳統農業受品種、地域和季節侷限的生產方式，更能隨心所欲地在植物工廠內全年有計劃地安排作物的生產，以期能由粗放且被動的農業生產、進階為精緻又主動的工業化生產。從台灣農業的轉型中發現，環控農業是為了改變過去注重生產導向與糧食需求的農業，轉型為提升生活品質與永續發展的新型農業；同時也翻轉傳統農業生產的核心價值，由過去強調生產效率，轉變為強調將農業、工業和服務業整合創新的綜效，以及關注消費者之食物安全與服務品質的發展思維。

雖然透過植物工廠之技術與設備的創新積累，讓農作物的生產更能擺脫自然環境的束縛、並提高生產效能，使農作物的生產區位有了更大的選擇空間，同時也讓商業模式具有更大的創新彈性；但是，相關投資之創業者的區位選擇，還必須權衡土地成本、交易成本、營運成本、目標市場與產品附加價值等成本與效益的分析而選擇獲利決策，因而也侷限環控農業的區位選擇。

就本研究的調查中發現：完全控制型植物工廠，能生產越高單價的作物，就趨近於都會的區位選擇，主要的考量是服務業性的重要性高於工業性和農業性；若位於工業區內的植物工廠，其區位選擇主要是考量工業性的重要性大於服務業性和農業性；但是，那些位於工業區的植物工廠也都位於都會近效，可見完全控制型之環控農產品的主要消費群就是高所得的都會人口，所以其最合理的區位選擇就是貼近目標市場的都會區。而位於農村地區的植物工廠，大多屬於陽光利用型的設備，比較需要廣大土地，當然就趨向地價低廉的農村地區。

除此之外，植物工廠的運作需要具備作物栽培知識、溫室結構工程、機電工程、資訊工程與經營管理等背景的人才，所以環控農業是屬技術密集和資本密集的產業，也是屬知識經濟型的產業。因此，這項新農業

並非一般農民的技术和投資能力所能為，卻是更有利於擁有資本與技術的人才或企業所可為；再加上環控農產品在市場上對傳統農產品具有某種程度的替代作用，將會對農村經濟產生某種程度的傷害。因此，若要藉環控農業來活化農村經濟、進而縮小城鄉差距的預期，顯然將會事與願違。

就環控農業發展的事實來看，正證明創新的創造性破壞力或破壞性創造力，同時也證明創新不僅造成產業典範的轉移，同時也會牽動產業空間結構的變遷而呈現不確定性發展和不均衡發展，而且還創造新的贏家與輸家，所以創新創造的新世界，就像打開潘朶拉盒子後那般複雜和難測。但無論如何，環控農業在台灣所衍生的新農業地理正在發酵，已使農業生產由農村跨入工業空間和都會空間。

如此發展趨勢，正意味著新科技投入農業部門將重塑農業價值鏈，從而重新定義農業和演繹農業地理，同時顛覆人們對農業型態及其空間組織的傳統認知；由此推知，當未來廣泛應用智慧型植物工廠之時，將進一步驅動農地理的演變。總而言之，過去詮釋農業區位選擇的決定要素已失去合宜性與適時性，必須用全新的思維來看待這項創新密集的新農業，它也同時為普羅大眾帶來新的視野和認知而重新理解農業地理。

參考文獻

方煒 (2010)。植物工廠 for 生機概論--植物工廠的未來性與關鍵技術。

取自 http://r.search.yahoo.com/_ylt=A8tUwYMmdQIVSFoA4ghr1gt

方煒 (2012)。台灣植物工廠發展現況與展望。精密設施工程與植物工場實用化技術研討會專輯 (16-24 頁)。臺南：臺南區農業改良場。

江逸之 (2012)。糧荒新解：科技、地產大亨瘋植物工廠。天下雜誌，505，120-128。

周原 (2012)。太平洋建設：植物工廠為房產加值。天下雜誌，505，123。

陳加忠 (1997)。自荷蘭溫室產業之發展談起。台灣花卉園藝，113，12-17。

陳加忠 (2014)。溫室技術的四大階。取自

http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_24.htm

陳加忠 (2015)。環控農業的誤解。取自

http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_63.htm

陳勁等人 (2011)。創新思想者：當代一二位創新理論大師。北京：科學出版社。

張耀乾 (2007)。蝴蝶蘭的生育環境。載於沈再木、徐善德 (主編)，蝴蝶蘭栽培 (1-6 頁)，嘉義：國立嘉義大學。

萬年生 (2013)，郭台銘、鄭崇華瘋造價億元菜田。商業周刊，第 1336 期，取自

<http://www.businessweekly.com.tw/KWebArticle.aspx?ID=50811&path=e>

蔡本原 (2014)。農業六級產業化策略發展之探討。臺中區農業改良場特刊，122，255-260。

- Arthur, B. (1989). Competing technologies, increasing returns and lock-in by historical events, *Economic Journal*, 99, 116-131.
- Barnes, T. J. (2003). Inventing Anglo-American economic geography, 1889-1960, In E. Sheppard and T. J. Barns (Eds.), *Companion to economic geography* (pp.11-26). Oxford: Blackwell.
- Bowler, I. R. (1992). The industrialization of agriculture, In I. R. Bowler (Eds.), *The geography of agriculture in developed market economies* (pp.7-32). New York: Longman Scientific and Technical.
- Burt, R. S. (2009). *Structural holes: The social structure of competition*. Cambridge Mass: Harvard university press.
- Cantwell, J. and Zhang, Y. (2011). Innovation and location in the multinational firm. *International Journal of Technology Management*, 54(1), 116-132.
- Castree, N. (2003), The production of nature, In E. Sheppard and T. J. Barns (Eds.), *Companion to economic geography* (pp.275-289). Oxford: Blackwell.
- Christensen, Clayton M. (1997). *The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*. Boston: Harvard Business School Press.
- Coe, N. M., Kelly, P. F., & Yeung, H. W. C. (2007). *Economic geography: A contemporary introduction*. Oxford: Blackwell.
- Drucker, P. F. (1985). *Innovation and entrepreneurship*. New York: Harper & Row.
- Fosberg, F. R. (1976). Geography, ecology, and biogeography. *Annals of the Association of American Geographers*, 66(1), 117-123.
- Freeman, C. and Soete, L. (1997). *The economics of industrial innovation*

(3rd). London: Psychology Press.

Goodman, D., Sorj, B., and Wilkinson, J. (1987). *From farming to biotechnology: a theory of agro-industrial development*. Oxford: Basil Blackwell.

Harvey, D. (2011). *The enigma of capital: And the crises of capitalism*. London: Profile Books.

Howells, J. and Bessant, J. (2012). Introduction: Innovation and economic geography: A review and analysis. *Journal of economic geography*, 12(5), 929-942.

Iammarino, S. and McCann, P. (2013). *Multinationals and economic geography: Location, technology and innovation*. Massachusetts: Edward Elgar Publishing.

Mansfield, B. (2003). Spatializing globalization: a “geography of quality” in the seafood industry. *Economic Geography*, 79(1), 1-16.

McKibben, B. (1989). *The end of nature*. New York: Anchor books.

Muro, M., and Katz, B. (2010). *The new ‘cluster moment’: How regional innovation clusters can foster the next economy*. England and Wales: September.

Page, B. (1996). Across the great divide: agriculture and industrial geography. *Economic Geography*, 376-397.

Page, B. (2003). Agriculture, In E. Sheppard and T. J. Barns (Eds.), *Companion to economic geography* (pp.242-256). Oxford: Blackwell.

Rigby, D. L. (2003). Geography and technological change, In E. Sheppard and T. J. Barns (Eds.), *Companion to economic geography* (pp.201-223). Oxford: Blackwell.

Storper, M. (1997). *The regional world: Territorial development in a global economy*. New York: Guilford Press.

- Sturgeon, T. J. (2002). Modular production networks: A new American model of industrial organization. *Industrial and Corporate Change*, 11(3): 451-496.
- Swyngedouw, E. (2003). The marxian alternative: historical-geographical materialism and the political economy of capitalism, In E. Sheppard and T. J. Barns (Eds.), *Companion to economic geography* (pp.41-59). Oxford: Blackwell.

