

台灣農業科技發展新契機-2025 農業科技前瞻

台灣經濟研究院生物科技產業研究中心

李宜映 鄒麓生

副研究員 資深顧問

E-mail: d25247@tier.org.tw

一、2030 年全球農業趨勢變遷

學者專家預測未來國與國間資源、人才、技術等交流日益頻繁，各產業間與組織內各部門合作程度升高，過去存在國際間、產業間、部門間界線逐漸消失，全球化趨勢使亞洲與非 OECD 會員國在經濟發展上扮演角色將逐漸加重。於人口結構方面，美國與歐洲等成熟市場之勞動力將逐漸老化，且女性勞動參與率增加。另外資訊技術進步促使公司程序簡化，知識工作者的創新能力將成為企業主要競爭優勢來源。在知識經濟潮流的驅使下，全球農業型態預估在 2030 年亦會因應社經發展情形而有不同轉變，包括：

- (一) 飲食習慣的西化: 收入增加將會提高全球平均攝取熱量，FAO 預測 2030 年全球平均攝取熱量將可達 3050(kcal/capita/day)，與 1984-1986 年全球平均水準 2655 (kcal/capita/day) 相較有明顯升高。此外，受到國際間交流增加、貿易頻繁因素，全球飲食消費將趨於相同；對肉類與乳製品需求將持續成長。
- (二) 人口增長帶動糧食壓力: 未來人口將快速成長，開發中國家更仰賴穀物進口，各重要糧食作物消費趨勢也有所變化，包括人均小麥消費量成長速度持平；非洲地區對稻米的倚賴程度逐漸增加；稻米主要消費區域的亞洲，因飲食習慣趨於多樣化，人均米飯消費量雖將減少，但雜糧作物的需求會因畜牧業飼料所需而提升。未來勢必要能改善畜禽飼養與管理方式、提高飼料轉換率，才有助於減緩穀物的需求成長。
- (三) 天然資源嚴重不足: 人口增加將造成資源、環境開發之壓力，包括可開發的新耕地將減少、可用水資源缺乏等問題。2030 年開發中國家灌溉用水量將增加 14%，屆時有 1/5 開發中國家面臨水資源缺乏問題。若農業灌溉與用水方式若無重大改革與創新，則 2050 年此區域所需糧食作物，將有超過四分之一須仰賴進口。糧食不足會進而影響社會穩定，為了獲得足夠的糧食，飲食方面的家計支出增加必會排擠其他像是醫療或教育方面支出，將不利於國家整體未來發展能力。因此減少糧食安全問題，應從開發可因應氣候變遷的農業技術，以及國際合作協調區域糧食生產與減少取得食物的不公平性之兩方面著手進行。

- (四) 自然與生態環境變遷: 專家預測至 2100 年海平面將上升 1 公尺多, 這將造成沿海地區土壤鹽漬化, 亞洲主要河流三角洲也將會面對河川與海水雙面夾擊造成的嚴重水患, 許多小型島嶼屆時也將消失。同時因溫度升高, 將會拉長作物蟲害的活動時間, 作物蟲害所影響的區域與時間將擴大, 進而影響收成。過度耕種與砍伐所造成的土地貧瘠與水土流失, 以及長期缺乏水源與溫度升高等因素, 皆會加速土壤荒漠化。在經濟發展背後, 已有許多生物面臨絕種危機, 生物多樣性若持續消失, 則生態系統平衡與支持功能恐將崩解。這些自然與生態環境的改變都將對農業發展帶來負面的影響, 專家預期在科技發展與外在環境條件惡化的狀況下, 2030 年以前農業生產力成長速度將會減緩。農業生產體系除了追求效率生產與穩定安全之外, 與自然資源、環境間關係, 也是要永續發展農業所必需的。農業永續經營概念發展多時, 也普遍獲得認同。各國將在往後幾年皆強調常在性土壤覆蓋與多樣性作物輪作方式, 以確保最適化的土壤品質與生產力。
- (五) 林業市場需求增加: 森林復育與栽種, 將能減少 1995-2050 年間化石能源所造成的二氧化碳排放量約 12-15%。為因應對潔淨空氣、水、自然景觀等需求的增加, 目前可透過如保護區之管理措施或市場機制, 例如森林認證、碳交易、環境服務支付(Payment for Environmental Services)等措施達成。藉由林業與農林業發展, 可達到土壤固碳效果、提高營養管理效率與劣化土壤修復等效益, 並減緩氣候變遷之影響。主要木材產品、木材能源的生產與消費, 預期仍將延續目前成長趨勢, 而亞洲地區的人造林因種植速度最快, 將成為主要生產與消費地。
- (六) 漁業資源過度開發: 1990 年間, 遠洋魚類捕獲規模開始縮減, 取而代之的是養殖漁業規模快速成長, 另一方面糧食安全的衝擊, 也使海洋資源成為人類攝取蛋白質的重要來源。目前全球約五億二千萬人口依賴漁業及水產養殖業為生, 海洋生態系統受到氣候變遷造成的直接衝擊, 也將對依賴漁業為生的人口造成威脅。面對漁業資源過度開發與生態系統退化問題的情形下, 如何有效資源管理將是重要課題。
- (七) 畜牧業需求增長造成環境負擔: 主要畜牧產品需求成長來自於開發中國家, 又以家禽類增加最快。因飼料成本上升與開發中國家對肉品和乳製品需求增加, 預期肉品價格將上升。除了生產力的改善能提高產量, 如何以動物福祉為目標改善飼養與管理方式, 不但可增加生產並, 降低畜牧業對環境所帶來的負擔。

歷經資訊爆炸時代與知識經濟對現代產業形態的重大影響, 未來世界整體經濟發展的方向正逐漸由生物科技產業所主導。對於 2030 年的農業情境, OECD

專家描述在 2009-2013 年期間，原物料上漲會帶動生物技術發展，使得生物技術在農業方面應用的研究和企業投資皆持續成長，包括診斷檢測、生質能與農林漁牧基因轉殖新品種之開發。2016-2017 年，穀物主要產區持續兩年乾旱及高溫，造成史上穀物供應的新低點及價格新高點，此事件凸顯耐旱基改作物的重要性。歐盟決定終止其基改作物的禁令，同時也引起國際間對氣候變遷的警覺，逐步達成高額碳稅(Carbon tax)的協議，使得溫室氣體的排放顯著降低。能源的節約更受重視，生質能源等低碳能源的投資也大幅增加。在 2025 年至 2030 年間，因生物技術廣泛應用在農業，使得生物經濟地位更加鞏固。全球對糧食和燃料需求大增，然而因為國際間對農產品、生物化學品和高密度生物燃料的環境衝擊評估標準缺乏共識，使得在南美、非洲的大草原和雨林轉為耕作及畜牧用地，造成碳存量大量的釋出。上述所提到的環境變遷議題，由於十年內全球溫度增加不大，而使其受到的關切度降溫，直到最後全球變遷反撲時，問題才再度受到重視，但解決之道卻治標不治本，主要因應發展之道，仍以可適應高溫和乾旱環境的作物品種為主，而非減少溫室氣體的排放。

二、台灣農業現況發展與瓶頸

綜觀台灣農業發展現況，過去五十年間，農業產值由 100 億元左右增加至近 4,000 億元，增加幅度達 40 倍，但是相對非農業部門的產值，農業生產毛額占國內生產毛額（GDP）之比率仍由 32% 下降至 2%。尤其當我國加入 WTO 後，不僅農產品貿易逆差不斷擴大，出口量也未能得益於自由貿易而成長，反而由 2001 年 174 百萬噸萎縮至 2006 年 163 百萬噸。雖然農業對台灣經濟面的重要性逐漸降低，但其外部效益價值仍是其他產業不可取代，因應國際社經與農業變遷趨勢顯示，農業將轉為涵蓋生態、保育、文化、糧食安全、休閒生活及世代環境共享之社會外部效益。另外因貿易自由化提高，以熱量為權數之綜合糧食自給率較十年前降低 10.6%，若因糧災、戰事以致糧食無法正常進口，將對社會穩定有所影響。我國稻米生產雖尚能自給，但綜合穀類自給率僅 21.7%，可推動米食消費文化與米食加工技術，由需求面帶動促進稻米生產，間接提高國內糧食自給率。

在於農地管理方面，台灣農地出現可耕地面積下降與農地破碎化現象，而可耕地不斷流失，將不利於我國糧食自給率之維持。另一方面，目前國內每農戶平均擁有耕地面積為 1.09 公頃，44% 農戶面積小於 1 公頃，故為避免農地零星分割改建，推行小地主大佃農政策將為農業生產能否後繼經營之重要關鍵。在農業人口方面出現流失且具勞動力老化問題，農業人口組成 45 歲以上高於 75%，而 30 歲以下的農業勞動人口僅占 6%，與全國人口組成相較顯著有年齡偏高問題，因此引進年輕農業從業人員為迫

切要務。由 2008 年統計農業生產僅占農家所得之 22%，專職農戶僅占所有農戶之 10.2%，顯示目前專職農業生產在就業市場之吸引力不高。若積極推動產銷履歷、小農直銷、共同運銷體系等相關管理措施，將可確保生產者所得利潤，或可改善目前的情況。

由上述可知台灣的農業資源並不豐富，但過去仍能成為小農國家的楷模，主要原因在完整的基礎建設、高效率的人力資源及有效的研發體系。唯目前的農業發展瓶頸，已非僅依靠生產效率的提升能予以突破，引進知識經濟中需求導向及創新驅動兩個基本概念，是農業轉型的基礎。

在需求導向的概念下，農業的價值成為以生物材料提升國人生活素質的產業，在功能上可涵蓋食、衣、住、行、育、樂等各個層面。保健養生、綠色環保、方便安全、地方特色、休閒體驗等等概念，皆可經由農業的操作轉變為滿足需求的“商品”。根據經濟合作開發組織(OECD)於 2009 年出版的「朝向 2030 年的生物經濟」，上述所有農產業是整體生物經濟的一部份。在此情形下“創新”則為爭取先機的重要概念；不斷創新是確保領先的重要條件。在此前提下，科技所扮演的角色，應不再限於農產品生產技術的改良，而應擴及資訊的分析、資材的開發、技術的整合、知識的闡明、人才的培育等各個構面。其涵蓋的產業也應擴及農業相關的製造業及服務業，提供其所需要的科技與知識。

三、科技前瞻帶動台灣農業轉型

科技的不斷進步，將可促使各領域知識融合而創新。近年來與農業科技正快速結合的領域中，以生命科學及環境科學最為顯著，其次為能源科學、奈米科學、管理科學及保健科學。對台灣而言，與電子科學整合的程度也高於全球趨勢。但為了建構一更能激發創新的環境，台灣應積極催化農業與其他領域相互整合的機制與措施，以激發農業的創新能量。農業科技若要與國際接軌，並順應大環境的變遷，則需要有系統性的政策規劃工具來引導農業科技未來的方向，提供我國能重點投入研發資源具有利基的產業。科技前瞻是目前許多先進國家常用作為預測科技未來的科技政策規劃工具，對我國而言尚屬新方法，尤其處在轉型關鍵時期的農業，或許能透過科技前瞻的規劃，對農業、農民、農村願景提出更具體的科技發展方向。前瞻規劃的優點之一，是意見領袖們能透過參與以形成共識，作為共同努力的目標。

近年來國內決策單位為了能強化內部資源管理並有效提升國內技術創新研發能量，其中包括科技顧問組、國科會、經濟部皆有進行科技與產業前瞻規劃機制的研究。雖然國內曾從事前瞻相關的研究多年，唯實際操作前瞻調查則僅工研院、中經院等少數團隊對特定之產業從事前瞻研究，供產業發展之參考，另外此

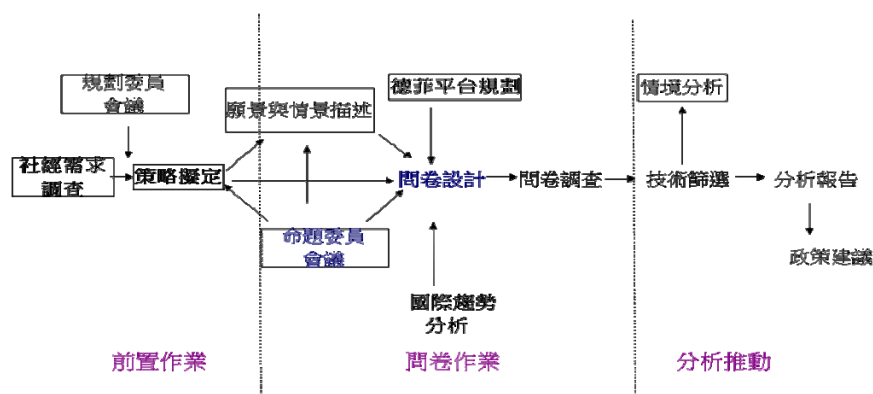
類研究多數著重於科技與產業之關係，尚未與社會需求作結合。農委會首次推動四年期『農業科技前瞻體系之建立』計畫，希望使前瞻研究能由長程技術預測的功能轉變為共識形成及中程規劃之重要策略規劃工具。在此計畫中將參考先進國家科技前瞻執行經驗，並結合社經需求，設計一套系統化前瞻技術篩選機制，實際施行大規模技術預測調查工作，凝聚農業產官學研究人士對農業科技未來發展方向之共識，以期提出對農業科技發展具體之政策措施建議。因此台灣農業科技前瞻之調查時程以 2025 年為主，並分為短、中、長期三階段（短程 2015 年、中程 2020 年、長程 2025 年），主要目標有三：一為作為農業科技政策規劃方向與資源分配之參考；二為結合社會經濟需求提升農業技術創新；三為支援科技產業化應用以促進農業升級與轉型。

在台灣農業科技前瞻實際運作期程為 2008 年 10 月至 2011 年 12 月，可分為前置規劃期、問卷調查期與分析推動期，將依序完成我國農業科技前瞻需求願景與相關議題大規模調查，並篩選出未來 15 年對社會經濟發展具重要性之農業關鍵技術群。主要活動項目包括(圖一):

(一)前置規劃期: 參考國外前瞻運作經驗，建立社會經濟需求調查方法，並配合國內外情境描述，提出台灣農業科技前瞻需求願景與農業相關策略。

(二)問卷調查期: 透過不同技術工具，完成農業科技需求與趨勢分析結果；透過專家腦力激盪，針對農業科技重要議題設計德菲問卷，並進行大規模調查。

(三)分析推動期: 總和各次領域發展技術預測調查，完成農業科技前瞻報告，篩選未來 15 年對社經發展具重要性的關鍵技術群；推廣與宣導科技前瞻結果促成共識，歸結前瞻效益。農委會首次透過農業科技相關利益團體支持前瞻活動，以建構農業科技前瞻規劃可長期持續操作機制，預期之效益除能建構系統性前瞻操作方法與分析模式以外，另可培育具前瞻性思維的科技人才。前瞻將透過知識網絡溝通平台，凝聚產官學研對科技發展方向之共識，將最終結果提供相關單位策略規劃需要。

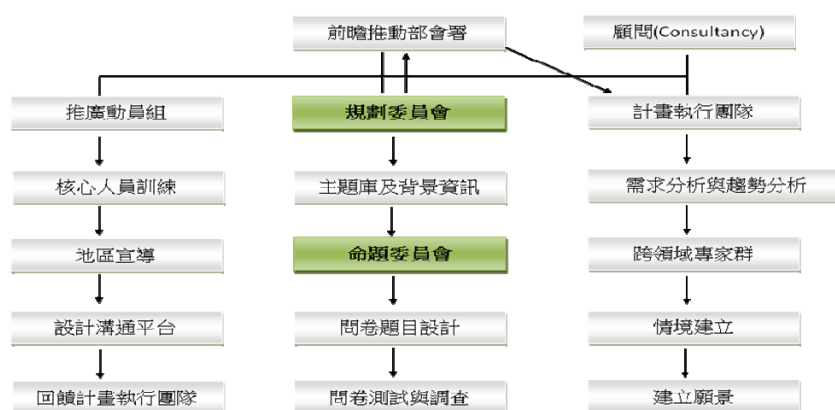


圖一 農業科技前瞻整體運作機制示意圖

農業科技前瞻目前由農委會科技處統籌，委託台灣經濟研究院生物科技產業研究中心之農業科技前瞻研究小組執行，整體推動架構以兩大委員會為主(圖二所示)：

一、『規劃委員會』：成員包括17位學研機構代表，其需具備對農業整體運作模式之熟悉、對農業科技發展具有前瞻理念、對農業科技政策規劃熟悉，以及對科技前瞻有大略整體概念或規劃經驗者。規劃委員召集人由科技處處長擔任主席，主要任務包括(1) 確認我國農業科技前瞻整體方案和方向;(2)協助制定農業技術前瞻規劃架構和流程;(3)推薦提名農業子領域命題委員;(4)確認農業需求提出可能之策略規劃;(5)審定各領域命題技術清單與諮詢專家之名單;(6)規劃整體前瞻報告之綱要;(7)提出總體農業科技前瞻報告書之建議。

二、『命題委員會』：為前瞻活動核心組織，主邀集農業相關各子領域^{*}學研專家組成命題委員會，主要任務包括(1)針對問卷命題所須參考背景提出情景描述;(2)結合我國國情提出各子領域問卷議題清單;(3)提出問卷調查專家群性質(產官學研)與名單;(4)協助修正第二回合問卷內容;(5)評估問卷最終數據結果與提出建議。前瞻雖為長期規劃，但勢必為現有政策之延續，並有必要對目前推動政策作一檢驗，因此農業科技前瞻將配合現行農業政策方向與中程綱要計畫進行規劃。目前將命題依農委會中程綱要計畫分類，規劃為農業技術、農業政策與科技管理、防檢疫、E化、環境資源、森林與自然資源保育、畜牧、漁業、食品、生物技術共十大領域，各領域邀請3-4位命題委員參與討論。由於命題委員來自不同背景，對彼此間瞭解有限；又前瞻調查在台灣仍屬首見，要求在短暫數小時會議中，須建構出完整周全之問卷題目並不容易。另一方面，前瞻研究需因應將來需求發展相關科技與政策制定，因此趨勢掌握為前瞻必要條件。因此農業科技前瞻命題將事前提供充分之背景資訊，包括國際前瞻議題趨勢、國內社經與產業需求、國內外農業變遷趨勢等相關資訊，以協助命題委員在充分資訊中提供台灣農業未來創新。



圖二 農業科技前瞻組織架構

目前在台灣產官學研界之專家共識形成過程中，亦對台灣農業未來願景有諸多期待。在農業生產方面，因農用資材與設備的開發，勞力密集的農事工作將由專業的服務業所提供。再因防災及避險措施的推動，大幅降低了農業的風險，導致農業人口明顯的年輕化，而成為一跨領域的優質產業。在創意的推動下，農業相關產品將更具多樣化與客製化，並以優質及技術整合的特色享譽國際市場。對於農民生活，農村以優質的環境及產業的轉型，提升了農業人口的生活素質。也因長者身心照顧業的完備及生活機能的改善，成為退休人員及居家工作者定居的首選。農業的在地生產及消費的方式，發展出地方文化的特色。而農業品安全認證的營運方式，將提昇消費者對台灣農產品的認同。在農業多功能之生態方面，保健、保育、教育與休憩將成為農業的主流價值，農村的生物多樣性能吸引都會人口前往休閒、體驗。發展符合生態原則、物質養分循環之整合型農業體系，大幅降低生態系破壞及對化學製品、水資源的需求，讓農業生態系能夠健全並永續。

結論

我國為一小國，在經濟上容易受到國際環境變化的影響。前瞻調查研究有助於對全球環境變化及科技發展的趨勢作有系統的分析，對我國社經環境的變遷也有所掌握及導引，以願景作共同努力之目標，同時可經由前瞻調查，對我國科技發展的方向形成共識，將科技資源作最有效的管理。此外強調的是，前瞻調查如果沒有政策上的支持與實際的應用，則僅為一學術研究而未能充分發揮前瞻的功能，因此政府的決策需求將往往成為前瞻計畫成效的關鍵。對於我國農業正值轉型發展關鍵期，若能妥善運用科技前瞻方法規劃農業發展目標與方向，引導具農業經濟效益之關鍵策略與技術開發，並形塑更具體的農業、農民、農村發展願景，將有利於決策單位在農業科技政策之規劃。

致謝:感謝農委會在計畫經費的支持

參考文獻:

- 1.OECD(2009),The Bioeconomy to 2030-Designing a Policy Agenda;p193-232.
- 2.台經月刊(2009),全球農業發展趨勢預測對我國農業發展之啟示;p16-23.